





20 | 57000 | 2850
40
170
160
100
100

355 est a 113 : comme 7200

NOUVEAU TRAITÉ
DE
NAVIGATION.

NOUVEAU TRAITÉ
DE
NAVIGATION,
CONTENANT
LA THÉORIE ET LA PRATIQUE
DU PILOTAGE.

Par M. BOUGUER, *de l'Académie Royale des Sciences, Honoraire de l'Académie de Marine, ci-devant Hydrographe du Roi au Port du Croisic & au Havre-de-Grace.*

Pignon



l'année 177[illegible].

A PARIS,
Chez HIPPOLYTE-LOUIS GUERIN, & LOUIS-FRANÇOIS DELATOUR, rue S. Jacques, à Saint Thomas d'Aquin.

M. DCC. LIII.
Avec Approbation & Privilége du Roi.

24.

PRÉFACE.

JE ſatisfais par la publication de cet Ouvrage, à un engagement que j'avois contracté il y a quelques années, & je remplis en même tems des ordres ſupérieurs auxquels j'ai dû me conformer avec empreſſement. M. Rouillé ayant conſidéré que dans l'art de naviguer la Théorie devoit éclairer continuellement la Pratique, & que d'un autre côté la Pratique ne devoit rien emprunter inutilement de la Théorie, me fit l'honneur de me demander un Traité de Pilotage ſur ce plan. J'ai travaillé à exécuter ces ordres, & je n'ai fait autre choſe dans cet Ouvrage, que tâcher de me conformer aux vûes éclairées d'un Miniſtre, qui continuellement occupé du ſoin de procurer de nouveaux progrès à la Marine, protége toutes les Sciences qui y ont rapport.

Parmi le grand nombre de Traités qu'on trouve ſur cette matiére, pluſieurs ont mérité ſucceſſivement l'approbation du Public. On ſçait combien les auteurs qui écrivent les derniers ſur un pareil ſujet, ont d'avantage ſur ceux qui les ont précédés. Le P. Dechales qui l'avoit déja examiné dans ſon cours de Mathématiques, en traita en 1677. dans un Ouvrage exprès. Son Livre très-digne du

nom de l'Auteur, & un des meilleurs que nous ayons, représentoit exactement l'état des connoissances qu'on avoit alors : on pouvoit seulement lui reprocher qu'il supposoit aux Lecteurs des lumiéres, dont quelques-uns devoient manquer. Feu mon pere entra dans un plus grand détail en composant *le Traité complet de la Navigation* ; il expliqua plus à fond les différentes pratiques des Pilotes, laissant à part les questions purement spéculatives, ou même Philosophiques, dont le P. Dechales s'étoit peut-être trop occupé. Le Traité complet de la Navigation a été imprimé plusieurs fois ; & je crois que je ne serai démenti de personne, lorsque je dirai qu'on l'a regardé pendant long-tems comme le Livre presque unique qu'on eût sur ces matiéres. Mais les éditions s'en sont épuisées : outre cela toutes les Sciences ayant reçu diverses augmentations, la liaison qu'elles ont entr'elles ne pouvoit qu'être avantageuse à la Marine : l'art de naviguer, lorsque mon pere écrivoit en *1698.* & *1706.* n'étoit pas absolument parvenu au dégré de perfection où nous le voyons aujourd'hui.

C'est ce qui m'a rendu indécis pendant quelque tems sur le parti que je suivrois. Je pouvois procurer une nouvelle édition du Traité complet, y joindre par forme d'additions les nouvelles observations qu'on a faites sur cette partie de la Mari-

ne, & mes remarques particuliéres. Rien n'étoit plus conforme à mon inclination ; je jugeois aussi que ce projet m'engageroit dans un moindre travail. Tout considéré, il m'a paru que je remplirois mieux les intentions du Ministre, & que je pourrois, je ne dis pas faire un livre plus utile, mais me le proposer, en composant un Ouvrage tout nouveau, où parfaitement libre à l'égard de l'arrangement des choses, je ferois ensorte que les anciennes & les nouvelles se prêtassent réciproquement plus de jour.

J'ai supposé, comme mon pere, que les Lecteurs n'eussent aucune teinture de Géométrie ; ce qui m'a obligé de donner quelques légeres notions de cette science dans le premier des cinq livres qui composent ce Traité. Si on ne remontoit pas ainsi aux premiers élémens, on priveroit la Marine d'un grand nombre de sujets très-propres à devenir d'excellens Pilotes, qui n'iroient pas puiser dans d'autres sources les connoissances préliminaires dont ils auroient besoin. Il faut par la même raison donner des élémens de la Sphére, entrer dans l'explication du mouvement des Cieux, & de la situation des Astres. Nous n'allons effectivement, en traversant les mers, chercher avec certitude une terre éloignée, que par une continuelle application de l'Astronomie & de la Géométrie à la Marine ; c'est même ce qui fournit peut-être la preuve la

plus frappante aux yeux de plusieurs personnes, de l'utilité réelle de ces deux Sciences. L'art du Pilote n'en est pas moins simple ; mais la diversité des matiéres qu'il embrasse, fait qu'il y a quelque difficulté à les bien arranger, & qu'on trouve des inconvéniens réels dans toutes les dispositions qu'on peut choisir.

Si l'on se bornoit à la seule énonciation des régles ou des pratiques, cet art ne seroit plus pour le Navigateur qu'une affaire de mémoire, &, si on le peut dire, de routine. Mais outre qu'il est beaucoup plus difficile de retenir des choses qui ne sont point liées les unes avec les autres, les connoissances du Navigateur se trouveroient alors trop imparfaites, pour qu'on pût y prendre une entiére confiance. Il est certain qu'on ne nous instruit jamais mieux ni plus aisément, que lorsqu'on nous fait au moins entrevoir les raisons des choses qu'on nous explique. L'enchaînement des matiéres fait qu'elles se placent comme d'elles-mêmes dans l'esprit, qu'elles s'y gravent plus profondément ; l'intelligence qu'on nous donne des unes, nous aide à concevoir les autres, & nous en rend comme Inventeurs. Je n'avance pas légérement ce que je dis ici en faveur de cette maniére d'enseigner. Mon témoignage est fondé sur vingt années d'expérience, pendant lesquelles j'ai eu l'avantage de former un grand nombre de Pilotes.

Mon

Mon frere m'a remplacé dans un des deux Ports où j'ai demeuré ; il ſuit encore la même méthode, dont la bonté eſt continuellement juſtifiée par le ſuccès de ſes leçons publiques, qui invitent un grand nombre de jeunes Marins à ſe rendre au Croiſic.

Non ſeulement les Pilotes prennent plus promptement une connoiſſance parfaite de leur Art, lorſqu'on le fonde ſur de bons principes, celle qu'ils acquiérent eſt encore plus durable & plus sûre. La Théorie les guidant ſans ceſſe dans l'exécution, les fait parvenir beaucoup plutôt à cette pratique ou habitude qui leur eſt ſi néceſſaire, par laquelle ils opérent avec facilité.

L'eſpéce de Pratique dont nous parlons ici ne peut s'acquérir qu'à la mer, & par un long exercice ; elle eſt très-différente de celle qui conſiſte dans la ſcience des faits. Cette derniére peut, à divers égards, faire partie de la Théorie ; au lieu que la premiére devient une qualité perſonnelle qu'il faut que chaque Marin contracte par un travail opiniâtre, & qui ne ſe communique pas. Le Pilote, à force de répéter les mêmes opérations, doit y réuſſir avec la même adreſſe, que s'il étoit conduit par un inſtinct naturel. Mais on voit aſſez, que pour qu'il agiſſe, il faut qu'il ait un but, & qu'il ait été parfaitement inſtruit de ce qu'il doit exécuter. La Pratique eſt comparable à la main qui

travaille, pendant que la Théorie tient lieu de l'esprit qui dirige avec lumiére. Quoique les régles du Pilotage soient aussi simples que générales, elles demandent toujours à être modifiées selon les différens cas ; & il n'est pas douteux que la Théorie seule ne doive prescrire ces changemens.

J'ai eû connoissance d'un Pilote trop simple Praticien, qui se trompoit continuellement dans la réduction des lieues de longitude en degrez : il comptoit dans un sens contraire sur le Quartier de réduction, les degrez du moyen parallele. Il fit divers voyages sans s'appercevoir de son erreur : il partoit toujours des mêmes côtes de l'Europe pour aller vers l'Amérique Septentrionale en courant à l'Ouest. La latitude par laquelle il naviguoit, en allant comme en revenant, différoit peu de 45. degrez ; & il lui étoit presque égal de se servir du complément du moyen paralléle, ou du moyen paralléle même. Il trouvoit toujours néanmoins à l'atterrage quelque différence, qu'il attribuoit comme à l'ordinaire aux courans ou à l'imperfection des Cartes Marines. Ce Pilote s'étant ensuite embarqué pour une des Antilles, continua d'opérer selon sa méthode défectueuse. L'erreur devint alors énorme ; & on juge des suites funestes qu'elle auroit eûes, s'il se fût trouvé seul chargé de la conduite du Navire, comme cela arrive quelquefois. Heureusement pour lui il parvint enfin à l'éclaircissement

dont il avoit beſoin ; mais il ne croyoit qu'avec peine & avec le plus grand étonnement ce qu'on lui apprenoit; il s'imaginoit qu'on ne lui parloit pas d'une maniére ſérieuſe, ou qu'on vouloit le tromper.

Un ſemblable fait & pluſieurs autres, dont le ſort eſt de reſter enſeveli dans les ténébres, montrent qu'il eſt extrêmement néceſſaire que les Pilotes ayent aſſez de Théorie pour pouvoir ſe rendre compte à eux-mêmes de la bonté de leurs opérations. On n'a pas d'autre moyen de les empêcher de ſe tromper dans une matiére où les moindres fautes tirent à conſéquence. D'ailleurs l'obligation qu'on leur impoſe n'eſt pas pénible; quelques mois d'une étude ſérieuſe leur ſuffiſent..C'eſt en effet une des preuves de la perfection de leur art,qu'ils puiſſent l'exercer ſans être inſtruits de toute la Théorie qui a ſervi à l'inventer. Ce n'eſt ni la pratique aveugle, ni l'expérience groſſiére qui ont fait découvrir les diverſes méthodes que nous avons de réduire les routes ; qui ont fait imaginer les différens inſtrumens dont on ſe ſert pour obſerver la hauteur des Aſtres ; qui ont réglé tous les calculs & les autres opérations qu'on employe ſur mer. Ce ſont des perſonnes habiles dans les Mathématiques, qui ſur l'expoſition des beſoins des Marins, ont fait à terre ces découvertes ou ces différentes applications, qui rendent cette par-

tie de l'Art de naviguer ſi ſimple. Il faut ſans doute que les Hydrographes puiſſent ſe mettre à la place de ces premiers inventeurs, & qu'ils voyent diſtinctement les derniéres raiſons de toutes les choſes qu'ils expliquent. Il eſt indiſpenſable qu'ils ſoient plus verſés dans la Théorie, afin qu'il ſoit permis aux Pilotes de l'être moins. Le Pilote tourné avec raiſon du côté de la pratique, ſa partie principale, ſe renferme trop ſouvent dans le petit nombre de préceptes dont il fait un uſage actuel, & il eſt expoſé à perdre de vûe tous les autres. Mais il faut que l'Hydrographe puiſſe former des Pilotes qui entreprennent des voyages vers toutes les extrêmités de la Terre, ou qui pénétrent dans toutes les Régions Maritimes.

Cette diſtinction, ſur laquelle nous venons d'inſiſter, eſt beaucoup plus importante que pluſieurs perſonnes ne pourroient le penſer. On l'a ſenti dans tous les tems, & on y a fait une très-expreſſe attention, lorſqu'on a voulu que les Profeſſeurs d'Hydrographie qu'on a inſtallés dans les Ports, fuſſent toujours ſuffiſamment exercés dans les Mathématiques. Le Miniſtére vient de faire un autre établiſſement, qui, quoique d'un genre tout différent, montre combien il eſt convaincu que la ſpéculation & la pratique ſe prêtent réciproquement les plus grands ſecours. On voit ſans doute que je veux parler de l'Académie de Marine

établie à Breſt, dont on eſt en droit d'attendre les plus grandes choſes ; on ſçait qu'en joignant à la connoiſſance la plus complète des faits, les réfléxions que ſuggére la ſpéculation la plus profonde, elle diſcutera avec ſoin tout ce qui concerne la Navigation. Il faut que la Théorie y ſoit regardée comme bien recommandable, puiſque de ſimples eſſais de ma part, qui ne ſont propres qu'à montrer ma bonne volonté, ont déterminé M. Rouillé à me procurer l'agrément du Roi pour une place d'Académicien Honoraire dans cet illuſtre corps, auquel il m'eſt infiniment flateur d'être attaché.

Il me reſte, vû l'objet que je me ſuis propoſé dans cet Ouvrage, à marquer la maniére dont je crois que les Commençans en peuvent retirer plus de fruit. Il ne ſuffit pas de lire ſimplement les Traités de cette eſpéce, il faut les étudier avec ſoin, en inſiſtant ſur chaque matiére. On ſe bornera d'abord aux deux premiers Livres, dont on fera à part tous les calculs, & on exécutera en même-tems avec la régle & le compas les figures dont la conſtruction eſt expliquée. On pourra, dans une premiére lecture, paſſer tous les endroits marqués à la marge par ces eſpéces de doubles virgules qu'on nomme *Guillemets* : on s'en épargnera même toujours la lecture, ſi l'on n'aſpire qu'aux ſeules connoiſſances abſolument

néceſſaires. Lorſqu'on poſſédera les deux premiers Livres, on ſera déja conſidérablement avancé; on aura vû l'uſage des Cartes marines, & on ſe ſera formé une notion aſſez diſtincte des pratiques les plus générales employées ſur Mer. Rien n'empêchera après cela de paſſer aux Livres ſuivans; & on s'arrêtera, ſi l'on veut, à la fin de la premiére Section du cinquiéme. Je ne crois pas qu'en obſervant cet ordre, on puiſſe trouver aucune difficulté dans la lecture de cet Ouvrage. J'ai fait mes plus grands efforts pour tâcher de le rendre utile, & je ſerai extrêmement ſatisfait ſi j'y ai réuſſi.



TABLE

Des Chapitres du Nouveau Traité de Navigation, contenant la Théorie & la Pratique du Pilotage.

LIVRE PREMIER,

LIVRE SECOND,

Dans lequel on donne une idée générale du Pilotage, en traitant de la figure & de la grandeur de la Terre, de la construction & de l'usage de la Boussole, des Cartes Marines, &c.

De

LIVRE TROISIÉME,

Dans lequel on donne les premiéres Notions d'Astronomie qui sont utiles aux Navigateurs.



LIVRE CINQUIÉME,

De la Résolution des Routes de Navigation par diverses Méthodes.

PREMIERE SECTION,

Dans laquelle on explique la maniére de naviguer par le Quartier de Réduction.

SECONDE SECTION,

Fin de la Table.

ERRATA.

PAge 65. *ligne* 11. & 12. dans le Livre ſuivant : *liſez :* dans le Livre IV.

Page 83. *ligne* 7. au milieu de deux balanciers : *liſez :* au milieu d'un ou de deux balanciers.

Page 92. 93. 94. *Effacez du haut des marges :* Figure 47.

Page 97. *ligne* 32. en faire durer : *liſez :* ne faire durer.

Page 128. *ligne* 5. le quart de la diſtance : *liſez :* le tiers de la diſtance.

Page 304. *ligne* 17. qui fait le vertical ; *liſez :* que fait le vertical.

Extrait des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences.

Du 25. Novembre 1752.

MESSIEURS NICOLE & D'ARCY, qui avoient été nommés pour examiner un Ouvrage de M. BOUGUER, intitulé : *Nouveau Traité de Navigation, contenant la Théorie & la Pratique du Pilotage*, en ayant fait leur rapport, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'Impreſſion : en foi de quoi j'ai ſigné le préſent Certificat. A Paris ce 25. Novembre 1752.

Signé, GRANDJEAN DE FOUCHY, Sécretaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences.

PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre, à nos amés & féaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conſeil, Prevôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra, SALUT. Nos bien-amés LES MEMBRES DE L'ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES de notre bonne Ville de Paris, nous ont fait expoſer qu'ils auroient beſoin de nos Lettres de Privilége pour l'impreſſion de leurs Ouvrages : A CES CAUSES, voulant favorablement traiter les Expoſans, nous leur avons permis & permettons par ces Préſentes de faire imprimer, par tel Imprimeur qu'ils voudront choiſir, toutes les Recherches ou Obſervations journalieres, ou Relations annuelles de tout ce qui aura été fait dans les Aſſemblées de ladite Académie Royale des Sciences, les Ouvrages, Mémoires ou Traités de chacun des Particuliers qui la compoſent, & généralement tout ce que ladite Academie voudra faire paroître, après avoir fait examiner leſdits Ouvrages, & qu'ils ſont jugé dignes de l'impreſſion, en tels volumes, forme, marge, caractères, conjointement ou ſéparément, & autant de fois que bon leur ſemblera, & de les faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le tems de vingt années conſécutives, à compter du jour de la date des Préſentes ; ſans toutefois qu'à l'occaſion des Ouvrages cideſſus ſpécifiés, il puiſſe en être imprimé d'autres qui ne ſoient pas de ladite Académie : faiſons défenſes à toutes ſortes de perſonnes, de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre obéiſſance ; comme auſſi à tous Libraires & Imprimeurs d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre & débiter leſdits Ouvrages, en tout ou en partie, & d'en faire aucunes traductions ou extraits, ſous quelque prétexte que ce puiſſe être, ſans la permiſſion expreſſe & par écrit deſdits Expoſans, ou de ceux qui auront droit d'eux, à peine de confiſcation des Exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans ; dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel Dieu de Paris, & l'autre tiers auſdits Expoſans, ou à celui qui

aura droit d'eux, & de tous dépens, dommages & intérêts; à la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, dans trois mois de la date d'icelles; que l'impression desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume, & non ailleurs, en bon papier & beaux caractères, conformément aux Réglemens de la Librairie; qu'avant de les exposer en vente, les Manuscrits ou Imprimés qui auront servi de copie à l'impression desdits Ouvrages, seront remis ès mains de notre très-cher & féal Chevalier le Sieur Daguesseau, Chancelier de France, Commandeur de nos Ordres, & qu'il en sera ensuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliothèque publique, un en celle de notre Château du Louvre, & un en celle de notredit très-cher & féal Chevalier le Sieur Daguesseau, Chancelier de France, le tout à peine de nullité desdites Présentes: du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir lesdits Exposans & leurs ayans cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Présentes qui sera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin desdits Ouvrages: soit tenue pour dûëment signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amez, féaux Conseillers & Sécrétaires, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire, pour l'exécution d'icelles, tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant Clameur de Haro, Charte Normande & Lettres à ce contraires; Car tel est notre plaisir. Donne' à Paris le dix-neuviéme jour du mois de Mars, l'an de grace mil sept cens cinquante, & de notre Régne le trente-cinquiéme. Par le Roi en son Conseil. MOL.

Registré sur le Registre XII. de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 430. fol. 309. conformément au Reglement de 1723, qui fait défenses, article 4. à toutes personnes, de quelque qualité qu'elles soient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter & faire afficher aucuns Livres pour les vendre, soit qu'ils s'en disent les Auteurs ou autrement; à la charge de fournir à la susdite Chambre huit Exemplaires de chacun, prescrits par l'art. 108. du même Réglement. A Paris le 5. Juin 1750. Signé, LE GRAS, Syndic.

NOUVEAU



NOUVEAU TRAITÉ DE NAVIGATION,

CONTENANT LA THEORIE ET LA PRATIQUE DU PILOTAGE.

LIVRE PREMIER.

Dans lequel on donne les premiéres connoiſſances de Géométrie, qui ſont utiles ou néceſſaires aux Pilotes.

ON peut diviſer l'Art de naviguer en trois parties, l'Architecture navale ou la Conſtruction des Vaiſſeaux, le Pilotage & la Manœuvre. L'Architecture navale eſt exercée à terre par des perſonnes qui s'y livrent entiérement, & qui ſont obligées d'acquérir beaucoup de connoiſſances dont les Marins n'ont pas abſolument beſoin. Ainſi nous devons conſidérer le Vaiſſeau comme

déja conſtruit ; nous devons ſuppoſer qu'il eſt déja prêt à mettre à la voile , & qu'il s'agit de le conduire en mer. C'eſt en cela que conſiſte particuliérement la ſcience des Navigateurs ; ils doivent ſavoir le Pilotage & la Manœuvre qui ſont l'objet de deux emplois très-différens.

Le *Pilotage* dont nous nous occupons actuellement, nous apprend à connoître toutes les particularités de la route du Vaiſſeau, & nous met non-ſeulement en état de déterminer en quel endroit de la mer nous nous trouvons dans chaque inſtant de notre navigation ; mais auſſi de marquer la direction préciſe que nous devons ſuivre, pour aller aborder au Port où nous nous propoſons de nous rendre. On diſtingue ordinairement deux ſortes de Pilotages. La Navigation eſt appellée Hauturiére, lorſqu'on avance en pleine mer ou qu'on traverſe l'Océan : on la nomme *Hauturiére* ; parce que le Pilote n'étant plus dirigé par la vûe des côtes , eſt obligé d'obſerver les Aſtres & de prendre *hauteur*, comme nous aurons ſoin de l'expliquer. L'autre eſpéce de Navigation eſt le *Cabotage*, qui conſiſte à aller de cap en cap ou le long des côtes, ſans perdre ordinairement la terre de vûe.

Après que nous aurons expliqué les régles du Pilotage dans cet Ouvrage, nous pourons dans la ſuite traiter de la *Manœuvre*, qui eſt l'art de donner au Vaiſſeau par le moyen du vent & des voiles tous les mouvemens néceſſaires. Les régles du Pilotage preſcrivent la route qu'on doit prendre ; mais il faut ſe conformer aux régles de la Manœuvre & orienter les voiles ou les diſpoſer d'une maniére convenable , pour obliger le Vaiſſeau d'embraſſer effectivement la route qu'on veut ſuivre, & pour le faire *ſingler* ou marcher avec viteſſe.

Le Pilotage de même que toutes les autres parties de la Marine, empruntent pluſieurs termes & diverſes connoiſſances de la Géométrie. Nous les indiquerons ici d'une maniére ſuccinte , en évitant ſouvent pour nous

rendre plus intelligibles la méthode abſtraite & rigoureuſe dont fait uſage cette derniére ſcience, qui a pour objets la figure & la meſure des corps.

CHAPITRE PREMIER.

Du Cercle & de ſa diviſion en degrez.

(Voyez Fig. 1.)

1. COMME nous ne nous propoſons de donner ici que les notions de Géométrie, qui ſont les plus communes, & qui ont rapport à la Pratique du Pilotage, il eſt à propos que le Lecteur ait à la main une regle & un compas, & qu'il exécute la plupart des Opérations que nous indiquerons. Il s'exercera à meſure qu'il avancera dans ſa lecture, à former des figures plus grandes que celles que nous avons tracées dans nos planches. Non-ſeulement il réuſſira par ce moyen à ſe rendre plus familiéres des idées qu'il doit avoir ſouvent préſentes ; il acquerra auſſi une plus grande facilité à manier la regle & le compas, ce qui lui ſera avantageux dans une infinité de rencontres.

2. Tous les Lecteurs ſçavent qu'un Cercle eſt une figure plane parfaitement ronde. On appelle le *Centre* du Cercle, le point qui eſt exactement au milieu. On a marqué ce point dans la *Figure premiére* par la lettre *C*. Fig. 1.

3. La ligne courbe qui environne le cercle, & qu'on a marquée par les lettres *A B D E*, eſt appellée *Circonférence* : on dit dans ce même ſens la circonférence de la Terre, la circonférence des Cieux.

4. Les lignes droites qui traverſent un cercle en paſſant exactement par ſon milieu ou par ſon centre, s'appellent *des Diamétres*. La ligne *B E* en eſt un, & on peut en tirer une infinité d'autres, qui ſeront tous égaux entr'eux ; puiſque le cercle eſt cenſé parfaitement rond.

5. La moitié du diamétre comprise entre le centre & la circonférence, s'appelle *Sémi-diamétre* ou *Rayon*. Ainsi les lignes qui sont ici marquées par *CA*, *CE*, *CB*, &c. sont des rayons ou sémi-diamétres; & il est évident qu'ils sont aussi tous parfaitement égaux entr'eux.

6. Une portion comme *AE* de la circonférence d'un cercle, s'appelle *un Arc*, & la ligne droite *AE* tirée d'une extrémité de l'arc à l'autre, & qui en marque la largeur, s'appelle *la Corde*.

7. Lorsqu'on veut exprimer la grandeur d'un arc, on peut dire qu'il est le tiers ou le quart, &c. de tout le circuit ou de toute la circonférence. Mais on a imaginé pour cela un autre moyen plus commode & plus général. On suppose que la circonférence est divisée dans tous les cercles, en 360 parties égales, qu'on appelle *des Degrez*; & on marque la grandeur des arcs par le nombre qu'ils contiennent de ces divisions. Ainsi lorsqu'il s'agit des Cieux, & qu'on dit quelquefois que le Soleil a environ un demi-degré de largeur, on doit entendre que toute la circonférence des Cieux étant partagée en 360 parties égales, le Soleil occupe la moitié d'une de ces parties, & qu'il faudroit par conséquent 720 Soleils à côté les uns des autres, pour former tout le tour du Ciel. La Terre étant ronde, on conçoit aussi sa circonférence divisée en 360 degrez; & c'est la même chose de tous les autres cercles tant grands que petits: de sorte que les degrez n'ont de grandeur déterminée que par rapport aux circonférences auxquelles ils appartiennent. Le Soleil ayant un demi degré de largeur, nous ne sçavons pas pour cela sa vraie grandeur ou sa grandeur absolue; car il doit être plus ou moins grand, selon qu'il est plus ou moins enfoncé dans le Ciel: il occupe la 720ᵉ partie, mais d'un cercle ou d'une circonférence dont nous ignorons les dimensions.

8. Le Lecteur voit assez qu'on pouvoit supposer le circuit des cercles partagé en un plus grand ou en un moindre nombre de degrez: on a jugé que la division en 360

degrez étoit plus commode. La demie circonférence ſe trouve de 180 degrez ; le quart ſe trouve de 90 ; la ſixiéme partie eſt de 60 ; la douziéme eſt de 30 ; la 24ᵉ eſt de 15, &c.

9. La ſoixantiéme partie d'un degré eſt appellée *Minute*; & la ſoixantiéme partie d'une minute eſt appellée *Seconde*. Au lieu de dire que le Soleil occupe dans le Ciel un demi degré, on peut donc dire que ſa largeur eſt de 30 minutes. On déſigne ſouvent les degrez par un zero qu'on met au-deſſus du nombre, & les minutes par une eſpéce d'accent ou de virgule. Un arc eſt la 192ᵉ partie de la circonférence du cercle, ou le quart de la 48ᵐᵉ partie ; il eſt de $1^{d}\ 52^{\text{min.}}\ 30^{\text{ſec.}}$ On écrit $1^{\circ}.\ 52'\ 30''$ pour en marquer la valeur.

Méthode de diviſer un Cercle en degrez.

(Voyez Fig. 2. & 3.)

10. Pour diviſer un cercle *ACE* en ſes 360 degrez, il faut prendre avec un compas la longueur du rayon *NA*, c'eſt-à-dire la diſtance du centre *N* à quelqu'un des points de la circonférence. Il faut porter avec le compas cette grandeur ſix fois ſur la circonférence ; de *A* en *B*, de *B* en *C*, de *C* en *D*, de *D* en *E*, de *E* en *F*, & de *F* en *A*. Les ſix longueurs du rayon portées de cette ſorte, formeront toujours exactement toute la circonférence, comme nous l'apprennent les Elemens de Géométrie ; & chaque longueur du rayon donnera par conſéquent 60 degrez : c'eſt-à-dire qu'il y aura 60 degrez de *A* en *B*, de *B* en *C*, &c. Fig. 2.

11. Cette premiére opération étant faite, il ne reſtera plus qu'à ſubdiviſer chaque arc. Partageant l'arc *AB* en deux parties égales par le point *G*, les arcs *AG* & *BG* ſeront chacun de 30 degrez ; & ſi l'on partage encore ces derniers arcs par la moitié, on aura des arcs *AH*, *HG*, &c. de 15 degrez. Enfin après avoir diviſé les 15 degrez en trois parties pour avoir des arcs de 5 degrez, il ne reſtera

plus qu'à diviser ces derniers arcs en 5 parties égales, pour avoir de petits intervalles qui seront chacun d'un degré. On agira de la même maniére pour tous les autres arcs *BC* & *CD*, &c. & la circonférence entiére se trouvera de cette sorte partagée en 360 parties égales, ou en 360 degrez.

12. On voit assez que si au lieu de diviser le cercle par cette méthode, on vouloit prendre d'abord un certain espace pour un degré, & examiner ensuite avec un compas si ce petit intervalle répété 360 fois forme exactement la circonférence, il faudroit, avant que de pouvoir réussir, recommencer l'opération un grand nombre de fois. La méthode qu'on vient d'expliquer, est directe & incomparablement plus simple. Elle est principalement fondée sur l'égalité qu'il y a entre la corde de 60 degrez & le rayon. La longueur du rayon donne tout d'un coup 60 degrez, & il n'est plus question que de subdiviser cet arc, pour descendre aux moindres parties.

13. Si le cercle est plus petit, ses degrez seront aussi moindres. Nous avons tracé au-dedans du grand cercle *ACE* un autre *abcdef* qui est plus petit. Mais la longueur du rayon *Na* de ce dernier donnera également 60 degrez, lorsqu'elle sera portée sur sa circonférence de *a* en *b*, de *b* en *c*, &c. car on pourra toujours la porter exactement six fois.

14. Il est encore clair que lorsque les cercles ont un même centre, les degrez des uns doivent répondre exactement aux degrez des autres: c'est-à-dire que si les lignes *NA* & *NG* sont droites, & qu'il y ait 30 degrez ou la douziéme partie de la circonférence du grand cercle depuis *A* jusqu'en *G*, il y aura aussi 30 degrez (des degrez du petit cercle *abdf*) entre les mêmes lignes droites *NA* & *NG* depuis *a* jusqu'en *g*.

15. Il suit de-là qu'on peut diviser fort aisément un cercle en degrez par le moyen d'un autre cercle qui est déja divisé: il suffit pour cela que les deux cercles ayent préci-

ſément le même centre. C'eſt par ce moyen qui eſt ſi ſimple, qu'on réuſſit à partager en degrez la circonférence même du Ciel, & qu'on meſure les intervalles céleſtes. Si, par exemple, l'inſtrument qui eſt repréſenté dans la *Fig.* 3. & qui n'eſt autre choſe qu'un cercle *AEBD* diviſé en 360 degrez, eſt ſuſpendu par la boucle *A*, & que la ligne *AB* ſe trouve exactement à plomb, il n'y aura qu'à diriger ou tourner la regle mobile *GF* vers le Soleil *S*, pour avoir depuis *A* juſqu'en *F* ſur la circonférence de l'inſtrument, le nombre de degrez dont l'aſtre eſt éloigné du point *Z* le plus haut du Ciel. Figure 3.

16. Si la regle mobile *GF* étant dirigée vers le Soleil, ſe trouve ſituée exactement ſur *BA*, ce ſera une marque que le Soleil répond exactement ſur la tête de l'Obſervateur. Mais ſi l'on trouve 20 degrez depuis *A* juſqu'en *F* ſur l'inſtrument, il doit y avoir auſſi 20 degrez dans le Ciel depuis *Z* juſqu'en *S*. Car *ZS* n'eſt pas plus grand par rapport à toute la circonférence du Ciel, que l'eſt *AF* par rapport à celle de l'inſtrument. Cette opération ſuppoſe que nous ſoyons placés exactement au centre du Ciel du Soleil; mais comme la Terre eſt extrêmement petite en comparaiſon de la vaſte étendue des Cieux, nous pouvons nous ſuppoſer au milieu ou au centre ſans erreur ſenſible.

CHAPITRE II.

Des différentes ſituations que peuvent avoir deux lignes droites l'une par rapport à l'autre.

(Voyez Fig. 4.)

17. ON appelle *un Angle* l'ouverture que forment deux lignes qui ſe coupent dans un point. Ces deux lignes comme celles qui ſont marquées dans la *Figure* 4 Fig. 4.

par *A B* & *CB*, sont les deux côtés de l'angle, & le point *B* en est la pointe ou le sommet. Un coin formé par la rencontre de deux murailles, soit qu'on le considére par dehors ou par dedans, est un angle. On le marque quelquefois, par une seule lettre, qu'on met à la pointe; mais quand on en employe trois, on prononce toujours celle de la pointe la seconde. Ainsi l'angle que nous avons sous les yeux, doit être indiqué par *A B C*, & non pas par *BAC*.

18. La grandeur d'un angle ne dépend pas de la longueur de ses côtés; mais seulement de la situation ou de l'inclinaison de l'un par rapport à l'autre. Plus les lignes droites qui forment l'angle sont ouvertes, plus l'angle est grand; & sa mesure en degrez se prend sur un arc de cercle compris entre les deux côtés, & décrit de la pointe *B* comme centre. Il n'importe donc qu'on prolonge infiniment les côtés *BA* & *BC*, ou qu'au contraire on les raccourcisse, l'angle sera toujours du même nombre de degrez; puisque comme on l'a vû, les arcs *AC* & *DE* qui ont leur centre *B* dans le même point, & qui sont compris entre les lignes droites *BA* & *B C*, sont de pareilles portions de la circonférence entiére, qui vaut aussi bien 360 degrez dans les petits cercles que dans les grands.

Méthode de mesurer les Angles.

(Voyez Fig. 5. & 6.)

19. Il y a plusieurs maniéres de mesurer un angle, ou de trouver sa grandeur en degrez, qui ont rapport à la méthode dont nous avons parlé ci-devant, de diviser un cercle en degrez. Proposons-nous de mesurer l'angle *ABC* de la *Figure* 5. Après avoir, du point *B* comme centre, décrit avec un compas l'arc *C D*, il n'y a, sans changer l'ouverture du compas qui marque la longueur du rayon *B C*, qu'à la porter sur l'arc depuis *C* jusqu'en *D*. Il ne s'agira plus ensuite que de chercher combien il y a de degrez entre les deux côtés de l'angle, à proportion des 60 qu'on vient

Fig. 5. & 6.

vient de trouver. On divisera les 60 par la moitié en *E*, & chaque moitié encore par la moitié en *F* & en *G*. On aura de cette sorte les points de 15 degrez & de 45. Enfin divisant en trois l'espace *E G* qui est compris entre 30 degrez & 45, on aura les points de 35 & de 40 degrez, & on verra que l'angle est de ce dernier nombre de degrez.

20. Le plus souvent il faudra pousser les divisions plus loin ; il faudra partager les petits espaces de cinq degrez en cinq parties égales. On sera obligé aussi, lorsque l'angle sera trop grand, de doubler ou de tripler la grandeur de 60 degrez pour avoir celle de 120 ou de 180.

21. S'il s'agit, par exemple, de l'angle *A B C* de la *Figure 6* : après avoir décrit l'arc de cercle *C D E*, & porté la grandeur du rayon depuis *C* jusqu'en *D* pour avoir le point *D* de 60 degrez, il faudra doubler cet intervalle pour avoir en *E* le point de 120 degrez; parce que l'angle qu'on se propose de mesurer, a plus de 60 degrez. On divisera ensuite l'arc *D E* par la moitié au point *F*, ce qui donnera le point de 90 degrez ; & afin de faire tomber les divisions dans l'endroit de l'arc où passe le côté *A B* de l'angle, on cherchera le point *G* de 75 degrez, & on divisera en 3 parties égales les 15 degrez qu'il y a depuis le point *D* jusqu'au point *G* ; ce qui donnera 65 degrez en *H*, & 70 degrez en *I*; & enfin partageant le petit intervalle *I G* en 5 parties égales, on reconnoîtra que l'angle *C B A* est d'environ 72 degrez. Au surplus, nous le répétons encore, il n'importe de quelle ouverture de compas, on décrive l'arc ; parce que, si le cercle est plus grand, les degrez seront aussi plus grands dans le même rapport ; & l'angle se trouvera par conséquent toujours de la même grandeur. Figure 6.

Autres Méthodes de mesurer les Angles.

(Voyez Fig. 7.)

22. On trouve toujours dans les étuis de Mathémati-

ques, un inſtrument nommé *Rapporteur* dont on ſe ſert pour meſurer les angles avec beaucoup plus de facilité. Ce Rapporteur eſt un demi-cercle diviſé en ſes 180 degrez, & tracé ſur du cuivre ou ſur de la corne. On applique le centre du Rapporteur à la pointe de l'angle, & il ne reſte plus qu'à voir combien il y a de degrez compris entre les deux côtés de l'angle. Cet inſtrument qu'on voit

Figure 7. repréſenté dans la *Figure* 7, & qu'on peut faire avec un ſimple morceau de parchemin, ſert non-ſeulement à meſurer les angles, mais à en former qui ayent préciſément le nombre de degrez qu'on veut leur donner. C'eſt par ſon moyen qu'on a fait de 48 degrez l'angle *ACB*.

23. » On peut auſſi ſe ſervir de tout cercle déja diviſé » en degrez, pour meſurer les angles. Suppoſé que le cer-

Figure 2. » cle de la *Fig.* 2 ſoit entiérement gradué ou partagé en de- » grez, il nous fournira aiſément, par exemple, la meſure

Figure 5. » de l'angle de la *Figure* 5. On décrira entre les côtés de » cet angle l'arc *CA* préciſément du même rayon ou avec » la même ouverture de compas qu'a été décrit le cercle » qui eſt diviſé en degrez ; & il ſuffira enſuite, en chan- » geant l'ouverture du compas, de prendre la largeur ou » la corde de l'arc *AC* qui meſure l'angle, & la tranſpor- » ter ſur le cercle diviſé pour voir à combien de degrez » elle répond. Si l'on fait l'eſſai de cette pratique, on trou- » vera, tout comme par l'autre Méthode, que l'angle de la » *Fig.* 5 eſt de 40 degrez, & que celui de la *Fig.* 6 eſt » de 72.

24. » Au lieu d'avoir un cercle diviſé en degrez, on » peut ſe contenter d'avoir une ligne droite ſur laquelle » ſe trouvent marquées toutes les longueurs des cordes pri- » ſes dans un cercle d'un certain rayon. Cette ligne qu'on » grave ſouvent ſur des regles de buis, eſt appellée Echelle » des cordes, & les Pilotes en ſont ordinairement munis. » Nous en avons placé deux vers le bas de la troiſiéme » *Planche*. La premiere a été faite d'après le cercle diviſé » de la *Fig.* 2, en tranſportant ſucceſſivement ſur cette li-

gne les largeurs, ou les cordes des arcs de 5 degrez, « de 10, de 15 &c. mesurées sur le cercle. «

25. Il est clair qu'une échelle ainsi construite doit « absolument tenir lieu d'un cercle quant à la division de « ses degrez, & doit servir à mesurer toutes sortes d'an- « gles. On n'a pour cela qu'à décrire entre les deux côtés « de l'angle proposé un arc *A C* (*Fig.* 5 *&* 6) dont le rayon « Fig. 5 & 6.
B C soit exactement égal à la corde *K L* de 60 degrez, « prise sur l'échelle; parce que cette corde indique la lon- « gueur du rayon du cercle qui a servi à la construction « de l'échelle. L'arc *AC* étant décrit, il ne reste plus qu'à « prendre sa largeur ou sa corde *AC* en ouvrant ou en fer- « mant le compas, & on la transportera ensuite sur l'é- « chelle, en commençant au point *K*, pour voir à com- « bien de degrez elle répond. Cette corde s'étend, pour « l'angle de la *Fig.* 5, depuis *K* jusqu'en *M*, ce qui montre « que cet angle est de 40 degrez. «

26. Nous avons mis plus bas une autre échelle des « cordes, qui est beaucoup plus grande, & qui par cette « raison pourra être d'un usage plus exact: nous l'avons « aussi construite par une Méthode qui est susceptible « d'une plus grande précision. »

Des diverses espéces d'Angles formés par des lignes droites.

(Voyez Fig. 4, 5, 6, 8 & 9.)

27. Les angles que nous venons de montrer à mesurer, prennent différens noms, selon qu'ils sont plus ou moins grands ou plus ou moins ouverts. On en distingue de trois sortes; l'*Aigu*, l'*Obtus* & le *Droit*. Les angles que nous avons mis sous les yeux des Lecteurs dans les *Figures* 4, 5 & Fig. 4. 5. & 6.
6, sont aigus, parce que les lignes qui les forment, sont inclinées l'une vers l'autre, ou qu'elles forment une ouverture plus petite que le quart du cercle. Il y a de cette sorte une

infinité d'angles aigus ; il y en a de 10 degrez, de 15, de 20 &c. Il suffit pour qu'ils soient aigus, qu'ils n'ayent pas tout-à-fait 90 degrez, ou le quart du cercle pour leur mesure.

Figure 8. 28. Lorsque les deux lignes droites *NO* & *PO* (*Fig.* 8.) qui forment l'angle, sont inclinées en dehors l'une par rapport à l'autre, ou lorsque l'arc *NP* qui mesure leur ouverture, est plus grand que le quart d'un cercle, l'angle est appellé *Obtus*. Il y en a aussi une infinité, qui sont ou de 100 degrez ou de 110 &c.

29. Enfin lorsque les deux lignes ne sont inclinées l'une par rapport à l'autre, ni en dehors ni en dedans, & que l'angle a pour sa mesure précisément 90 degrez, ou le quart du cercle, l'angle est appellé *Droit*, (Voyez la *Fig.*
Figure 9. 9.) Ainsi cet angle tient le milieu entre l'angle aigu & l'angle obtus. Il est clair aussi que tous les angles droits sont exactement de la même grandeur. Si on les ferme un peu, ils deviennent aigus ; & pour peu au contraire qu'on les ouvre, ils deviennent obtus.

30. Le complément d'un angle aigu est la quantité dont il faut ouvrir cet angle pour qu'il devienne droit ; ou, ce qui revient au même, c'est le reste de sa mesure à 90 degrez. Si un angle est de 30 degrez, son complément sera de 60 ; si un angle est de 40 degrez, son complément sera de 50 ; & supposé qu'il soit de 40 deg. 10 min. son complément sera de 49 deg. 50 min.

Des divers noms que prennent les lignes selon les différens angles qu'elles forment.

(Voyez les Fig. 10, 11 & 12.)

31. Les lignes droites qui se coupent en faisant des angles droits, s'appellent des lignes *perpendiculaires*. Telles
Figure 10. sont les lignes *AB* & *DE*, (*Fig.* 10) : Divers Artisans les appellent des lignes à l'équerre.

32. Les lignes qui forment des angles aigus ou obtus,

ſont appellées *obliques*. On dit en termes de Géométrie, qu'elles ſe coupent obliquement, au lieu de dire qu'elles ſe coupent de biais. Les lignes marquées dans la *Fig.* 11, ſont obliques, & elles font quatre angles en ſe coupant en *K*, dont il y en a deux aigus & deux obtus. Il n'eſt pas néceſſaire pour que les deux lignes ſoient obliques, qu'elles ſe coupent effectivement, il ſuffit qu'elles le faſſent lorſqu'on les prolonge. Figure 11.

33. Enfin il peut arriver que les lignes droites ſoient tellement ſituées l'une par rapport à l'autre, qu'elles ne puiſſent pas faire d'angles; & qu'étant prolongées, elles ne ſe rencontrent point, parce qu'elles ſont par-tout également éloignées l'une de l'aûtre. Dans ce cas on les appelle *paralleles*, comme les lignes *LM* & *NO*, (*Fig.* 12.) Figure 12.

Méthodes de tirer des Lignes paralleles.

(Voyez Figures 12 & 13.)

34. Il n'eſt pas difficile de tracer des lignes obliques; car il n'y a preſque qu'à les tirer au hazard. Mais il faut néceſſairement une Méthode pour pouvoir tirer des lignes paralleles ou perpendiculaires. Pour commencer par les paralleles, nous ſuppoſerons que la ligne droite *NO* (*Fig.* 12.) eſt déja tracée, mais que la ligne *L M* ne ſoit pas encore, & qu'il s'agiſſe de la tirer parallelement à l'autre, en la faiſant paſſer par le point *M*. De ce point propoſé que je prends pour centre, je décris avec un compas l'arc *P O Q* qui touche exactement la ligne *NO* ſans la couper. Je prends enſuite à volonté un point *N* ſur la ligne *NO*; je décris de ce point comme centre, avec la même ouverture de compas, l'arc *R L S*; & il ne me reſte plus après cela qu'à conduire la ligne droite *LM*, de maniere qu'elle touche ce dernier arc, & qu'elle paſſe par le point propoſé *M*, pour qu'elle ſoit parfaitement parallele à *NO*. On voit aſſez qu'on ne décrit ainſi deux petits arcs en ſens contraires, qu'afin de ne ſe pas tromper ſur la diſtance des lignes Figure 12.

paralleles, ou de ne pas mesurer cette distance de biais ou obliquement.

35. » Lorsque le point *M* par lequel on doit tirer la li- » gne parallele est trop éloigné de la premiere ligne (com-
Figure 13. » me dans la *Fig.* 13) la Méthode précédente seroit diffi- » cile à mettre en execution; mais alors on peut se servir » de la pratique suivante. On conduira par le point *M*, la » ligne droite *MN* qui coupera en quelque point *N* la li- » gne proposée *NO* à laquelle il s'agit de tirer la parallele. » On mesurera l'angle *QNP*, ou bien on se contentera » de tracer l'arc *QP* qui le mesure. On prendra ensuite le » point *M* pour centre; on décrira l'arc *RS* égal à l'arc *PQ*, » en rendant sa corde ou sa largeur égale à la corde ou à la » largeur du premier. Tirant enfin la ligne droite *MST* par » les points *M* & *S*, elle sera parallele à *NO*: car on voit » bien qu'elle sera également inclinée ou également située, » mais vers des côtés contraires par rapport à la ligne obli- » que *MN*; ce qui ne peut avoir lieu que lorsque les deux » lignes droites *NO* & *MT* sont exactement paralleles.

» 36. La pratique précédente peut servir également sur » le papier & sur le terrein. On peut aussi dans ce dernier » cas avoir recours à la Boussole qui marque, comme » nous l'expliquerons dans la suite, la situation des lignes » ou leur direction par rapport aux régions du Monde. » Après avoir examiné avec cet instrument la situation de » la premiere ligne, il n'y a, si l'on veut en tirer une autre » qui y soit parallele à plusieurs centaines de toises de dis- » tance, ou même à plusieurs lieues, qu'à tracer une ligne » qui ait exactement la même direction.»

Méthodes de tirer des Lignes perpendiculaires.

(Voyez les Figures 10, 14, 15 & 16.)

37. Il n'est guéres plus difficile de tirer des lignes per-

pendiculaires ; c'eſt-à-dire, de tirer des lignes qui ſoient exactement à l'équerre, ou qui faſſent des angles droits. Suppoſons que la ligne *D E* (*Fig.* 10.) ne ſoit pas encore tracée, & qu'il s'agiſſe de conduire par le point *C* une perpendiculaire à *A B*. Je prends avec un compas de part & d'autre du point *C* ſur la ligne *A B*, deux diſtances parfaitement égales *C A* & *C B*. J'ouvre enſuite mon compas, il n'importe de combien ; & prenant les points *A* & *B* pour centres, je décris, ſans changer l'ouverture, deux petits arcs *R S* & *XT* qui ſe croiſent en *D*, & il ne me reſte plus qu'à faire paſſer par l'interſection de ces petits arcs & par le point propoſé *C*, la ligne *DCE* ; elle ſera perpendiculaire à la ligne *AB*, comme on le ſouhaitoit. Il eſt évident qu'elle ſera perpendiculaire : car le point *D* étant également éloigné du point *A* que du point *B*, c'eſt une marque que la ligne *DE* ne panche ni d'un côté ni de l'autre par rapport à *A B*. Figure 10.

38. La Méthode précédente n'eſt bonne que lorſqu'on veut tirer une perpendiculaire par le milieu d'une ligne donnée : mais voici une Méthode plus générale, dont on peut ſe contenter dans la pratique. Propoſons-nous la ligne *RT* (*Fig.* 14.) & ſuppoſons qu'il s'agiſſe par ſon extrémité *R* de lui élever la perpendiculaire *R Q*. La queſtion ſe réduit à faire un angle parfaitement droit *Q R T*, ou un angle qui ait pour ſa meſure préciſément le quart du cercle. Du point *R* comme centre, je décris l'arc *T V Q* : je porte la longueur du rayon *R T*, ou l'ouverture du compas depuis *T* juſqu'en *V*, ce qui me donne un arc de 60 degrez. Je prends après cela la moitié *T X* de cet arc ; & la portant depuis *V* juſqu'en *Q*, il eſt évident que l'arc *T Q* doit ſe trouver de 90 degrez, ou doit être un quart de cercle. Ainſi on n'aura qu'à tirer la ligne *R Q* par le point *Q*, & elle ſera perpendiculaire à *R T*. Figure 14.

39. Quelquefois il s'agit de tirer une perpendiculaire à une ligne donnée, & de la faire paſſer par un point ſitué hors de cette ligne. On veut, par exemple, du point

Figure 15. donné C (*Fig.* 15.) abaisser une perpendiculaire sur la ligne proposée AB. Dans ce cas il n'y a du point C comme centre, qu'à décrire un arc de cercle EHF qui coupe la ligne proposée AB en deux points E & F. On prendra ces deux derniers points pour centres, & d'une ouverture de compas qui doit être la même, mais qui peut être différente de la premiere, on décrira deux petits arcs qui se coupent mutuellement en G. Il ne restera plus après cela qu'à conduire la ligne droite CG par le point C, & par l'intersection G des deux petits arcs, & cette ligne droite sera perpendiculaire à la premiere AB.

Figure 16. 40. Si le point C (*Fig.* 16.) par lequel on doit tirer la perpendiculaire répond vers l'extrémité de la ligne AB, on tirera par le point C une ligne oblique CB qui fera avec la ligne proposée AB, il n'importe quel angle aigu. On prendra ensuite le milieu E de cette ligne oblique CB, & on en fera le centre du demi-cercle CDB, qui étant décrit indiquera en D, en coupant la ligne AB, le point par lequel il faudra conduire la perpendiculaire CD.

CHAPITRE III.

Des Triangles.

(Voyez les Figures 17, 18, 19 & 20.)

41. LE *Triangle* est une figure bornée par trois lignes, comme ABC (*Fig.* 17.) Il y en a de plusieurs espéces ; nous nous contenterons de parler ici, & en peu de mots, de ceux qui sont formés de lignes droites, & qu'on nomme *Rectilignes*.

Figure 17. 42. Le triangle ABC (*Fig.* 17.) est *rectangle*, parce qu'il a un angle droit en B ; on nomme *hypothenuse* le plus grand côté AC qui est opposé à cet angle.

43. Lorsque dans un triangle il n'y a aucun angle droit, le

le triangle eſt alors *obliquangle*, ſoit qu'il n'ait que des angles aigus, ou qu'il ait un angle obtus. On l'appelle obliquangle, parce qu'il n'eſt formé que par des lignes obliques.

44. Si le triangle eſt parfaitement régulier, s'il a ſes trois côtés égaux, comme le triangle de la *Fig.* 18, on l'appelle Figure 18.
équilatéral, & il eſt toujours obliquangle : ſes trois angles ſont aigus & égaux. Si le triangle n'a que deux côtés égaux, comme celui de la *Fig.* 19, on le nomme *iſocelle*. Un trian- Figure 19.
gle rectangle ſe trouve iſocelle, lorſque ſes deux petits côtés ſont égaux entr'eux. Si dans la *Fig.* 17 le côté *B C* étoit Figure 17.
égal à *B A*, le triangle *A B C* ſeroit iſocelle-rectangle. Il eſt rectangle à cauſe de l'angle droit *B*, & il ſeroit iſocelle à cauſe de l'égalité entre *A B* & *B C*.

45. Une propriété très-remarquable, & qu'il importe aux Pilotes de ſçavoir, c'eſt que dans tous les triangles formés par des lignes droites, ſoit que ces triangles ſoient rectangles ou obliquangles, les trois angles joints enſemble valent toujours 180 degrez. C'eſt-à-dire que ſi du même rayon ou de la même ouverture de compas, on décrit dans le triangle de la *Figure* 20, trois arcs de cercles dans Figure 20.
les trois angles *D*, *E* & *F* pour leur ſervir de meſures, ces trois arcs joints enſemble feront toujours une demie circonférence de cercle, & vaudront par conſéquent 180 degrez. Ce ſeroit la même choſe ſi l'on ouvroit ou ſi l'on fermoit les deux angles *D* & *F*: ils deviendroient plus grands ou plus petits; les deux lignes *D E* & *F E*, au lieu de s'aller rencontrer en *E*, ſe rencontreroient plus loin ou plus près; mais l'angle *E* qui, comme nous l'avons dit, ne reçoit pas ſa grandeur de celle de ſes côtés, deviendroit plus aigu ou plus obtus; plus petit ou plus grand : & de cette ſorte les trois angles vaudroient toujours 180 degrez ou la moitié du cercle.

46. Pour entrevoir la raiſon de cette propriété, on n'a qu'à conduire par le point *E*, la ligne *G H* parallelement à *D F*. Les deux lignes *GH* & *DF* étant paralleles, la ligne *DE* ſera toujours inclinée ou ſituée de la même maniére

par rapport à l'une que par rapport à l'autre ; & on pourra mettre l'angle *D* à la place de l'angle *I*, qui lui sera parfaitement égal. On pourra par la même raison mettre l'angle *F* à la place de l'angle *K*. Or on voit clairement par cet échange, que les trois angles du triangle forment un demi-cercle ou 180 degrez.

47. Il suit de-là qu'aussi-tôt qu'on connoît deux angles d'un triangle, on connoît toujours le troisiéme ; puisqu'il est le reste à la moitié du cercle. Si l'un des angles est, par exemple, de 60 degrez, & l'autre de 80, il faut nécessairement que le troisiéme soit de 40, afin que les trois ensemble fassent 180 degrez. Lorsque le triangle est rectangle, l'angle droit vaut lui seul 90 degrez, ainsi il faut que les deux autres angles qui sont aigus, fassent ensemble l'autre moitié ou les autres 90 degrez, & qu'ils soient par conséquent le complément l'un de l'autre. Supposé que l'un soit de 30 degrez, l'autre sera de 60. Si l'un est de 41 degrez 15 min. l'autre sera de 48 deg. 45 min.

48. » Les figures formées de quatre côtés se nomment » *Quadrilateres*, & on les nomme *Parallelogrames*, lorsque
Figure 21. » leurs côtés opposés sont paralleles entr'eux. La *fig.* 21 » nous présente un de ces Parallelogrames ; le côté *AD* est
Figure 22. » parallele à *BC*, & *AB* l'est à *DC*. La *figure* 22 est bien » encore un Parallelograme, mais on lui donne en particu- » lier le nom de *Rectangle*, parce que tous ses angles sont » droits.

49. » Les lignes droites comme *AC* qui coupent ces » figures par la moitié en se rendant d'un angle à son op- » posé, sont des diamétres ; mais on les nomme plus ordi- » nairement *Diagonales* pour les distinguer des diamétres » du cercle.



Des Triangles égaux & des Triangles semblables.

(Voyez les Figures 23, 24, 25 & 26.)

50. « Il suffit de rendre certaines parties d'un triangle égales à celles d'un autre, pour que les deux triangles se trouvent parfaitement égaux. Si l'on fait, par exemple, l'angle *a* du triangle *a b c* (*fig.* 24.) égal à l'angle *A* du triangle *ABC* de la *fig.* 23, & qu'on rende outre cela les deux côtés *ab* & *ac* du second égaux aux deux côtés *A B* & *A C* du premier, les deux triangles seront parfaitement égaux. Il suffit, pour s'en convaincre, d'appliquer par la pensée le second triangle sur le premier, en faisant répondre l'angle *a* à l'angle *A*, & les côtés *a b* & *a c* aux côtés *A B* & *A C* qui leur sont égaux. «

Fig. 24.
Fig. 23.

51. Un autre moyen de rendre les deux triangles égaux, c'est de faire les trois côtés de l'un égaux aux trois côtés de l'autre. La condition de l'égalité des côtés ne suffit pas pour rendre égales les figures qui ont plus de trois côtés; parce que ces lignes, quoiqu'égales dans les deux figures, peuvent faire des angles différens, ou avoir des situations différentes les unes par rapport aux autres. C'est ce qu'on voit, par exemple, en jettant les yeux sur les deux *Figures* 21 & 22. Les côtés de l'une sont exactement égaux à ceux de l'autre; & cependant il s'en faut beaucoup que les deux figures ne soient égales. Pour réussir à mettre une parfaite égalité entre ces figures, il faut les partager en triangles, & faire chaque triangle égal à son correspondant. »

52. Deux triangles sont *semblables*, lorsque ce sont simplement les angles de l'un qui sont égaux à ceux de l'autre. Le petit triangle *m n o* (*Fig.* 26.) est semblable au grand *M N O* (*Fig.* 25.) il s'en faut beaucoup, comme on le voit, qu'il ne lui soit égal; mais il lui est semblable; parce qu'il

Fig. 26.
Fig. 25.

le repréſente en petit, & que ſes côtés ont entr'eux les mêmes rapports. C'eſt-à-dire que ſi dans le grand triangle le côté *MN* eſt les deux tiers du côté *MO*, & les trois quarts du côté *NO*, ce ſera la même choſe dans le petit triangle: le côté *m n* ſera auſſi les deux tiers du côté *m o*, & les trois quarts de *n o*. En un mot le petit triangle eſt la repréſentation du grand, il lui eſt ſemblable, & c'eſt ce qui arrive toutes les fois que les angles de l'un ſont égaux à ceux de l'autre. Pour concevoir l'égalité des angles dont nous parlons, il faut toujours faire attention à ce que nous avons deja dit pluſieurs fois, que la grandeur des angles ne dépend pas de la grandeur de leurs côtés.

CHAPITRE IV.

De l'Echelle de Dixme, & de la Conſtruction de pluſieurs autres Echelles.

I.

53. » ON ſe ſert pour meſurer ſur le papier la longueur des lignes droites, d'Echelles qu'on » nomme de Dixmes, lorſqu'elles ſont conſtruites d'une » maniére particuliére, qui en rend ſenſibles les plus petites parties. On voit au bas de la troiſiéme Planche une » de ces Echelles à laquelle on a donné ſix pouces de longueur, & on l'a diviſée en 1000 parties par le moyen » dont nous parlons. Il eſt preſque toujours avantageux, » lorſqu'on fait des Echelles pour ſervir aux Plans ou aux » Cartes, de leur donner un rapport précis avec le pied de » Roy ou avec les autres meſures uſuelles. On concevra aiſément la conſtruction de ces Echelles par l'explication » que nous allons donner de leur uſage. Si on vouloit avoir » 300 parties, il n'y auroit qu'à étendre un compas depuis » le point de 300 juſqu'en *O*, ou depuis *F* juſqu'en *K*. Mais

si on veut avoir 303 parties, il faudra étendre le compas « depuis F jusqu'en I, parce que la ligne oblique qui par- « tant du point O, va se rendre en haut à côté de E, au « point 10, avance par son obliquité d'une partie sur « chaque parallele à AB en montant. Ainsi le petit inter- « valle KI est de 3 parties, & FI est de 303. Il faut par « la même raison, si on veut avoir 845 parties, étendre le « compas depuis le point G jusqu'au point L sur la cin- « quiéme parallele à AB. Car si on ne l'étendoit que de- « puis le point de 800 jusqu'à celui de 40 sur AB, on n'au- « roit que 840; mais à mesure qu'on prend des paralleles « plus élevées, l'intervalle devient plus grand. «

54. On nomme *Transversales* ces lignes obliques dans « lesquelles consiste toute la propriété des Echelles de Dix- « mes. On voit de ces Transversales ou lignes obliques sur « plusieurs des Instrumens qui sont entre les mains des Pi- « lotes, & elles servent toujours à faire distinguer de peti- « tes parties qu'on ne pourroit guéres déterminer sans cela. « Il n'y a qu'à remarquer combien ces Transversales ou li- « gnes obliques font de pas, pour ainsi dire, dans leur tra- « jet, & elles fourniront tout autant de subdivisions. Si, « par exemple, la Transversale va depuis le commence- « ment d'un degré jusqu'à la fin, & qu'au lieu de faire dix « pas en montant comme dans notre Echelle de Dixme, « elle n'en fasse que 6, le degré ne sera pas partagé en 10 « parties, mais en 6; & chacune vaudra donc 10 minutes, « puisque le degré entier vaut 60 minutes. «

II.

55. L'Echelle de Dixme peut servir à la construction « de plusieurs autres Echelles qui sont utiles à la Naviga- « tion. On a différentes Tables qui sont connues sous le « nom de Tables des Sinus, Tables des Logarithmes, Ta- « bles des Latitudes croissantes, &c. Comme ces Tables « ont été calculées avec la plus grande précision, on peut, « en empruntant les nombres qu'elles contiennent, en for- «

» mer des échelles particuliéres. On a, par exemple, calculé avec le plus grand soin la valeur de toutes les cordes des arcs de cercle à proportion du rayon qu'on a supposé de 100 000 parties. On verra ci-dessous une Table » qui contient toutes ces valeurs. La corde de 50 degrez » est de 84524 parties; mais comme ce nombre est extrêmement grand, on peut le réduire, en retranchant deux » figures à la droite : c'est comme si on le divisoit par 100, » ou qu'on le rendît cent fois plus petit, & il n'y a qu'à » faire la même chose à l'égard de toutes les autres cordes, » on les aura pour un cercle dont le rayon ne seroit que de » 1000 parties. La corde de 50 degrez sera donc de 845; » il ne restera plus qu'à prendre ce nombre sur l'Echelle de » Dixme, de même que les valeurs de toutes les autres cordes; & les transportant successivement sur une ligne droite en partant toujours du même point, on aura une Echelle » des cordes qui sera précisément double d'une des deux » qu'on voit au bas de la troisiéme Planche. »

TABLE de la longueur des Cordes pour un Cercle dont le rayon est de 100 000 parties.

Deg.	Cordes	Deg.	Cordes.	Deg.	Cordes.	Deg.	Cordes.	Deg.	Cordes.	Deg.	Cordes.
0	0000										
1	1745	16	27834	31	53448	46	78146	61	101508	76	123132
2	3490	17	29562	32	55128	47	79750	62	103008	77	124502
3	5236	18	31286	33	56804	48	81343	63	104500	78	125864
4	6980	19	33010	34	58474	49	82938	64	105984	79	127216
5	8724	20	34730	35	60142	50	84524	65	107460	80	128558
6	10468	21	36443	36	61804	51	86102	66	10[illegible]928	81	129890
7	12210	22	38162	37	63460	52	87674	67	110388	82	131212
8	13952	23	39874	38	65114	53	89240	68	111838	83	132524
9	15692	24	41582	39	66762	54	90798	69	113282	84	133826
10	17432	25	43288	40	68404	55	92350	70	114716	85	135118
11	19170	26	44990	41	70042	56	93894	71	116140	86	136400
12	20906	27	46690	42	71674	57	95432	72	117558	87	137670
13	22640	28	48384	43	73300	58	96962	73	118964	88	138932
14	24374	29	50076	44	74922	59	98484	74	120362	89	140182
15	26106	30	51764	45	76536	60	100000	75	121752	90	141422

CHAPITRE V.

Usages des Triangles semblables pour mesurer les distances inaccessibles, lever des Plans, &c.

(Voyez Figures 27, 28, 29.)

56. ON peut, par le moyen des Triangles semblables, mesurer les distances des lieux inaccessibles, lever des Plans, & faire plusieurs autres opérations de la plus grande importance. »

I.

57. Supposons qu'il s'agisse de mesurer en ligne droite l'intervalle AB (*fig.* 27.) qu'il y a entre les deux pointes de terre A & B qui avancent dans la Mer, & que la distance soit trop grande pour qu'on puisse tendre un cordeau de l'une à l'autre. Il n'y aura qu'à se transporter en quelque point C sur le terrein, dont on puisse mesurer en ligne droite la distance aux deux termes proposés A & B. On plantera dans ce point C un piquet. On mesurera actuellement l'intervalle BC, & on s'écartera ensuite du point C en allant vers b sur le prolongement de la même ligne jusqu'à ce que Cb soit égal à BC. On mesurera pareillement la distance AC, & on la transportera en ligne droite depuis C jusqu'en a. Cette opération étant faite, il est évident que le triangle aCb sera parfaitement égal au triangle ACB. Ils ont l'un & l'autre leur angle en C, de même grandeur, & outre cela les deux côtés Ca & Cb du triangle qu'on a tracé sur le terrein, ont été rendus égaux aux deux côtés CA & CB du premier triangle. Par conséquent le troisiéme côté du second sera égal au troisiéme côté du premier; & il suffira donc de mesurer

Fig. 27.

» la longueur de *a b* pour avoir celle de *A B* qu'on vouloit
» découvrir.

58. » On peut remarquer que les lignes *A B* & *a b* sont
» non-seulement égales, mais qu'elles sont aussi paralleles.

59. » Supposons maintenant qu'on ne puisse pas se
Fig. 28. » rendre à une des extrémités *A* de la ligne *A B* (*Fig.* 28.)
» qu'on veut mesurer. On est sur le bord de la Mer, & on
» veut sçavoir combien l'écueil *A* est éloigné de terre. On
» commencera par planter un piquet en *C* sur le prolonge-
» ment de la distance *AB* dont on veut sçavoir la grandeur.
» On plantera un autre piquet en quelque point *D*; &
» après avoir mesuré l'intervalle *D C*, on le transportera sur
» la même ligne de *D* en *c*, & on plantera un troisiéme pi-
» quet en *c*. On mesurera de même l'intervalle *B D*, & on
» le transportera dans le même allignement depuis *D* jus-
» qu'en *b*, où on plantera un quatriéme piquet. Enfin on
» avancera sur le prolongement de *cb* vers *a*, & on s'arrê-
» tera, lorsque le piquet *D* paroîtra en ligne droite avec
» l'objet *A*; & on plantera un dernier piquet en *a*. Tout
» cela étant achevé, les deux triangles *D c b* & *D b a* se-
» ront parfaitement égaux aux deux triangles *D C B* &
» *D B A*; & il n'y aura qu'à mesurer sur le terrein la dis-
» tance comprise entre les piquets *D* & *a* si on veut avoir
» la distance *DA*. On mesurera de même l'intervalle *a b*
» pour avoir la distance qu'il y a sur la Mer depuis le bord
» de la côte *B* jusqu'au rocher *A*.

60. » La même Méthode deviendra plus facile à met-
» tre en exécution, mais elle se trouvera en même tems
» moins exacte, si au lieu de faire les triangles *D c b* &
» *D b a* égaux aux deux premiers triangles *DCB* & *DBA*,
» on se contente de les rendre semblables, comme dans
Fig. 29. » la *Fig.* 29. On a fait *D c* & *D b* cinq fois plus petits que
» *D C* & *D B*: il est évident que *D a* sera aussi cinq fois
» plus petit que *DA*, de même que *b a* de *BA*. Ainsi après
» avoir mesuré *b a* & *D a*, il faudra les augmenter cinq fois
» pour avoir les longueurs de *A B* & de *DA*. On pourroit
rendre

rendre les côtés des triangles *D c b* & *D b a* plus petits « dans tout autre rapport que les côtés des grands triangles « *D C B* & *D B A* : on pourroit même décrire ces petits « triangles sur un carton. Il n'y auroit qu'à faire une échelle « de parties égales pour représenter les pieds ou les toises, « on feroit *D c* & *D b* d'autant de petites parties que les dis- « tances *D C* & *D B* contiendroient de toises. On acheve- « roit la petite figure, & mesurant *b a* & *D a* sur l'échelle, « on auroit la longueur de *A B*, ou de *A D*. »

II.

Méthode de lever les Plans.

(Voyez Figures 30, 31.)

61. Il ne s'agit toujours lorsqu'on veut lever le Plan d'un certain lieu, comme d'une Rade, ou faire la Carte d'un pays, que de former des triangles semblables. Il faut en général considérer les objets trois à trois, afin d'en former des triangles; & il ne reste plus, pour représenter le tout en petit sur le papier, que de faire des triangles semblables à ceux qu'on a imaginés sur le terrein.

62. Les trois objets *A*, *B*, *C* (*Fig.* 30) nous donnent un premier triangle. Nous pouvons, en mesurant simplement la distance *A B*, découvrir non-seulement les deux autres distances *A C* & *B C*, mais aussi tous les autres intervalles qui séparent les autres objets. Nous n'avons pour cela, lorsque nous serons en *A*, qu'à viser aux deux objets *B* & *C*, & prendre la mesure de l'angle *C A B*. Nous passerons ensuite en *B*, & lorsque nous y serons, nous viserons aux objets *A* & *C*, & nous prendrons la mesure de l'angle *C B A*. Nous nous servirons, pour mesurer ces angles, d'un cercle divisé en degrez, ou d'un instrument semblable à celui qui est représenté dans la *Figure* 3. Il faudra mettre cet instrument à plat : on dirigera successivement sa regle mobile *G F* vers les objets, & on regardera sur Fig. 30.

la circonférence le changement de situations de la régle.

63. On peut aussi, pour mesurer les angles, se servir de la Boussole dont l'usage est maintenant continuel dans la Marine. Les Lecteurs sçavent déja, quoique nous ne le leur ayons point encore expliqué, que la Boussole, par le moyen d'une aiguille qui a été touchée à la pierre d'Aiman, affecte toujours une certaine situation, & indique les régions du Monde. Sa circonférence est divisée en 32 parties égales, ou chaque quart de cercle est divisé en 8 parties. Ainsi les intervalles qu'il y a entre les différentes directions, sont de $11^{d}\ 15^{m}$. Outre cela on peut se servir d'une Boussole sur laquelle les degrez mêmes soient marqués.

64. Tout étant achevé sur le terrein, on tracera sur le Fig. 31. papier l'échelle *M N* (*Fig.* 31) qui représentera un certain nombre de toises. On la rendra plus ou moins grande, selon qu'on voudra donner plus ou moins d'étendue à la figure. On tirera ensuite la ligne *a b*, en la faisant d'autant de petites toises que *A B* en contient de grandes. Les points *a* & *b* représenteront les points *A* & *B*; & il ne restera plus qu'à tirer les lignes *ac* & *b c*, de maniere qu'elles fassent en *a* & en *b* avec la ligne *a b*, des angles exactement égaux à ceux qu'on aura mesurés en *A* & en *B* sur le terrein. On donnera à ces angles la grandeur qu'ils doivent avoir, en employant les moyens expliqués ci-devant (Num. 19, jusqu'à 25.) Les lignes *ac* & *b c* tracées sur le papier, représenteront les rayons visuels ou les lignes droites *A C* & *B C*, & leur point *c* de rencontre représentera par conséquent le point *C*.

65. La petite figure *a b c* sera donc une représentation exacte de la grande; & on n'aura qu'à en mesurer les dimensions avec l'échelle, pour avoir les dimensions de l'autre. Nous ne nous sommes point transportés en *C*, nous n'avons fait que parcourir & mesurer la ligne *A B*; mais pour sçavoir combien l'objet *C* est éloigné des points *A* & *B*, nous n'avons qu'à mesurer ces deux distances sur notre petite Carte.

66. On voit aſſez qu'on peut aſſigner de la même maniére la place de tous les autres objets, auſſi-tôt qu'on peut les découvrir des points *A* & *B*. Les objets *E D F*, &c. étant marqués ſur le Plan, on pourra non-ſeulement meſurer avec l'échelle combien ils ſont éloignés des points *A* & *B*, mais combien ils ſont éloignés les uns des autres; combien il y a de diſtance, par exemple, de l'écueil *D* à la pointe de terre *E*. Comme on eſt obligé de s'arrêter dans les points *A* & *B*, pour meſurer les angles qu'on y obſerve, on leur donne le nom de *Points de Station*, & la ligne droite *A B* conduite de l'un à l'autre, eſt *la baze* ou *la ligne de Stations*.

I I.

Seconde Méthode de lever les Plans.

(Voyez Figure 32.)

67. On peut encore, pour lever les Plans avec plus de facilité, ſe ſervir d'un inſtrument qu'on nomme *Planchette*, qui eſt une eſpéce de palet *A D B E* (*Figure* 32) qui doit être exactement rond, & qu'on peut faire de bois. On peut lui donner 7 à 8 pouces de diamétre ſur un pouce, ou un pouce & demi d'épaiſſeur. Au centre de cette Planchette, il y a un pivot autour duquel on fait tourner la régle mobile ou *allidade A B*, qui a vers ſes deux extrémités deux *viſiéres H* & *I*. Ces viſiéres qu'on nomme auſſi *Pinnules*, ne ſont autre choſe que deux morceaux de cuivre ou de quelque autre matiére, qui ont des fentes par leſquelles on peut viſer aux objets. Fig. 32.

68. On peut, ſi on le veut pour une plus grande facilité, appliquer ſimplement ſur les deux extrémités de la régle mobile deux aiguilles fines qui ſoient à égale diſtance du bord. Le petit pivot appliqué au centre *C*, ſera auſſi, ſi on le veut, une aiguille, laquelle doit entrer aſſez dans la Planchette pour y tenir fermement; & enfin la régle mobile ſera retenue contre ce pivot par un demi-anneau

formé par un petit morceau de fil de fer, ou par une portion d'épingle pliée, dont les deux bouts entreront dans la régle. Nous ne manquons pas de motifs qui nous invitent à entrer dans ces détails, & à tâcher de rendre l'inſtrument le plus facile à conſtruire qu'il eſt poſſible. Nous allons maintenant en expliquer l'uſage.

69. On appliquera un morceau de papier ſur la Planchette en l'étendant & en l'attachant par les bords; ce qui peut ſe faire fort aiſément par le moyen d'une ficelle qui faſſe le tour de la Planchette. Le morceau de papier ſera percé par le pivot, & on mettra au-deſſus la régle mobile. On choiſira enſuite ſur le terrein deux endroits commodes
Fig. 30. & 31. comme *A* & *B* (*Fig.* 30 & 31) pour ſervir de points de ſtation. On viſera du premier de ces points au ſecond, & on viſera enſuite ſucceſſivement à tous les objets *E*, *C*, *D*, *F*, en obſervant de tirer des lignes ſur le papier de la Planchette, pour marquer chaque direction ou chaque rayon viſuel, & on aura le ſoin de bien déſigner l'objet auquel appartient chaque ligne.

70. Tout ſera terminé après cela dans la premiére ſtation; on ſe rendra à la ſeconde; & on pourra, chemin faiſant, meſurer la baze ou ligne de ſtations *AB*. Arrivé en *B*, on ôtera le papier, on en mettra un autre ſur la Planchette, & on opérera préciſément, comme on l'avoit fait dans la premiére ſtation. C'eſt-à-dire, qu'on viſera au point *A* & à tous les objets *E*, *C*, *D*, *F*. On aura de cette ſorte la grandeur de tous les angles formés par les rayons viſuels: on ne ſçaura pas de combien de degrez ils ſont; mais on ſera cependant en état de les tranſporter, & on n'aura plus rien à exécuter ſur le terrein.

71. On fera, comme à l'ordinaire, une échelle ſur une grande feuille de papier, & on repréſentera la ligne de
Fig. 31. ſtations par la petite ligne *ab* (*Fig.* 31) en mettant entre les points *a* & *b* la diſtance qu'on a trouvée entre *A* & *B*. On appliquera enſuite les deux morceaux de papier ſur la grande feuille, en obſervant de faire répondre leur centre

en *a* & *b*, & de faire tomber ſur *ab* les lignes ou rayons réciproques par leſquels on voyoit chaque ſtation; lorſqu'on étoit à l'autre. On ſera aſsûré après cela que les deux morceaux de papier auront la ſituation convenable : & ſi on prolonge avec une régle ſur la grande feuille, les rayons viſuels juſqu'à ce qu'ils ſe rencontrent, on aura dans les points *e*, *c*, *d*, *f* où ils ſe couperont, la place des objets *E*, *C*, *D*, &c.

72. Il ſera toujours facile de faire de cette ſorte le Plan ou la petite Carte d'un Port ou d'une Rade. S'il ſe trouve en Mer quelque écueil qu'on ne puiſſe pas voir, parce qu'il eſt caché ſous l'eau, on enverra une chaloupe ſe placer deſſus, pendant qu'on fera les deux ſtations; & on marquera cet écueil dans le Plan par une petite croix, ſi c'eſt un rocher; & par des points, ſi c'eſt un banc de ſable. Le bon mouillage étant encore un endroit qu'on ne peut pas diſtinguer aiſément de terre, on ſe ſervira du même expédient; on y enverra une chaloupe; & on indiquera le point ſur le Plan par une ancre, en marquant à côté la profondeur de la Mer, qu'il eſt d'uſage d'exprimer toujours en braſſes. Enfin nous n'avons que faire d'avertir que le Plan étant achevé, on doit effacer toutes les lignes *ac*, *bc* &c. qui ont ſervi à ſa conſtruction.

73. Au reſte, on ne doit pas oublier d'orienter ou de diſpoſer ce Plan par rapport aux régions du Monde, en traçant une ligne Nord & Sud, & en marquant le Nord par une fleur de lys, conformément à l'uſage général de toutes les Nations. Ce n'eſt que dans le Livre ſuivant que nous donnerons une notion diſtincte de la conſtruction de la Bouſſole & de ſes uſages : il nous ſuffit ici de dire que la ligne Nord & Sud eſt indiquée par l'aiguille aimantée, & qu'il eſt très-facile de la marquer ſur le Plan, auſſi-tôt qu'on a obſervé ſur le terrein ſa ſituation par rapport à quelque objet. Si on a, par exemple, obſervé, étant au point *B* (*Fig.* 30) Fig. 30.
que la tour *C*, au lieu de répondre au Nord, paroiſſoit 60 degrez vers la main gauche, il n'y aura qu'à ſur le Plan,

Fig. 31. tirer du point *b* (*Fig.* 31) une ligne *b h* qui faſſe avec *b c* un angle de 60 degrez vers la droite, & on aura dans *b h* une ligne Nord & Sud. Rien n'empêchera enſuite de tirer à cette ligne une autre qui lui ſoit parallele dans un endroit plus commode du Plan ; & cette ſeconde ligne ſera également Nord & Sud.

74. Nous avons toujours ſuppoſé qu'on avoit meſuré actuellement la longueur de la baze, ou la diſtance d'une ſtation à l'autre ; mais on pourroit régler l'échelle ſur la diſtance de quelques autres points, pourvû qu'ils fuſſent bien placés dans le Plan. Si l'on meſure, par exemple, la diſtance du point *A* au point *E* par quelqu'un des moyens que nous avons donnés ci-devant, & qu'on la trouve de 30 toiſes, il n'y aura qu'à régler l'échelle de maniére qu'il ſe trouve ce même nombre de toiſes depuis *a* juſqu'en *e*. Après qu'on a fait les premiéres ſtations en *A* & en *B*, on peut prendre auſſi des points déja déterminés comme *E* & *C* pour y faire d'autres ſtations, & pouſſer l'ouvrage plus loin. Les Pilotes ne ſçauroient trop s'attacher à lever le Plan des Ports & des Rades qu'ils fréquentent ; ils peuvent même prendre deux navires à l'ancre pour points de ſtations; mais ils doivent toujours ſe reſſouvenir, s'ils veulent travailler avec ſuccès, qu'il faut que les bazes dont ils ſe ſervent, ne ſoient pas trop petites par rapport aux diſtances qu'ils veulent déterminer ; principalement ſi l'inſtrument qu'ils employent pour meſurer les angles, n'eſt pas bien parfait. La baze ne doit pas non plus être trop grande, & on ne doit admettre d'angle ni trop aigu ni trop obtus dans les triangles qu'on forme. La ſeule régle que nous puiſſions donner ici, c'eſt de ſuppoſer ſur la meſure des angles une certaine erreur comme d'un degré ou d'un demi-degré, & de voir quel effet cette erreur produit ſur la ſituation des objets. Le Pilote connoîtra de cette ſorte le prix de ſon travail, & ſçaura ſi la baze qu'il a employée eſt d'une longueur convenable.

IV.

Déterminer les diſtances par la vîteſſe du Son.

75. On eſt ſouvent à portée dans la Marine d'employer, pour meſurer les diſtances, un moyen qui n'eſt pas abſolument précis, mais qui a cependant ſon utilité dans certains cas. C'eſt de ſe ſervir pour cela de la vîteſſe du ſon, lorſqu'on entend le canon de loin, & qu'on en apperçoit auparavant le feu. La lenteur avec laquelle le bruit ſe répand à la ronde, eſt aſſez grande, pour qu'il y ait autant de ſecondes de tems, ou de ſoixantiémes de minutes d'heure entre la lumiére & le bruit, qu'il y a de fois 173 toiſes de diſtance entre le canon & l'obſervateur. Le vent, ſelon qu'il eſt favorable ou contraire, peut augmenter ou diminuer un peu cette vîteſſe; mais on pourra ſouvent négliger cette différence. Si l'on compte donc 20 ſecondes entre la lumiére & le bruit, c'eſt une marque que la diſtance eſt de 3560 toiſes; ce qu'on trouve en multipliant 173 toiſes par 20. La lieue dont les Pilotes François ſe ſervent, eſt exactement de 2850 toiſes, comme on le verra dans le Livre ſuivant (N° 31.) & il faut à très-peu près 16 ſecondes & demie au ſon pour parcourir cet eſpace; & 33 ſecondes pour faire deux lieues. Ainſi la diſtance d'un endroit à un autre, eſt d'un tiers de lieue, ou de deux tiers de lieue, lorſque le bruit ou le ſon met cinq ſecondes & demie, ou onze ſecondes à la parcourir. Il ne reſte plus, pour pouvoir employer ce moyen, qu'à ſçavoir la maniére de connoître exactement la durée du tems en ſecondes.

76. On peut avoir une montre qui marque non-ſeulement les minutes, mais qui marque auſſi les ſecondes. Quelques perſonnes prennent les battemens de leur pouls au lieu de ſecondes, mais le moyen n'eſt pas sûr; car le pouls va plus ou moins vîte devant ou après le repas, & il n'eſt pas conſtamment le même, quoiqu'on ſoit en parfaite ſanté.

Le moyen le plus ſimple, pour avoir exactement la durée des ſecondes, c'eſt de ſuſpendre une bale de mouſquet à un fil très-fin, & de donner à ce fil depuis le centre de la bale juſqu'au point de ſuſpenſion 36 pouces & $8\frac{1}{2}$ lignes de longueur. Si l'on imprime enſuite quelque mouvement à cette bale, en ne lui faiſant parcourir d'abord que des arcs de 2 ou 3 pouces, chacun de ſes balancemens ou de ſes oſcillations ſimples ſera exactement d'une ſeconde; il en faudra 60 pour faire une minute d'heure, & 3600 pour faire une heure entiére. Il faut entendre par balancement ou oſcillation ſimple, une allée ſeule ou un retour ſeul, car c'eſt pris ſéparément qu'ils ſont d'une ſeconde. On les comptera, & on aura le temps écoulé. Cet inſtrument ſe nomme *un Pendule*; & on ne doit pas craindre qu'à la fin de ſon mouvement les balancemens ne ſoient pas exactement de la même durée : s'il parcourt de plus petits arcs, il ira auſſi moins vîte. Mais on doit être attentif à lui donner la longueur préciſe que nous avons marquée; 36 pouces $8\frac{1}{2}$ lignes.

CHAPITRE VI.

De la Réſolution des Triangles par le Calcul, ou Principes de Trigonométrie.

(Voyez Figure 33.)

I.

77. NOus revenons à la Méthode la plus ſûre, celle que fournit la *Trigonométrie*, c'eſt-à-dire, la meſure & la comparaiſon des Triangles. Quoique nous regardions cette derniére Méthode comme ſûre, on peut cependant commettre encore diverſes erreurs dans les opérations qu'elle preſcrit. Outre qu'on eſt ſujet à ſe tromper dans les meſures qu'on prend ſur le terrein, on peut tomber dans

dans d'aſſez grandes erreurs, en conſtruiſant les figures qu'on trace ſur le papier: mais il eſt facile d'éviter ce dernier inconvénient, en employant le calcul. Des perſonnes zélées pour l'avancement des Sciences ſe ſont donné la peine de ſupputer, avec la plus grande exactitude, les côtés des triangles pour toutes les diverſes grandeurs d'angles, & ils en ont formé des Tables en ſuppoſant qu'un des côtés étoit de 100000 parties. Si les triangles qu'on eſt obligé d'examiner, ont effectivement un de leurs côtés de 100000 toiſes ou de 100000 pieds, & que ces triangles ſoient rectangles, on trouve immédiatement dans les Tables dont nous parlons, la valeur des deux autres côtés; & à l'égard des autres cas, il ſuffit de faire des réductions par des proportions ou régles de Trois. C'eſt ce que nous allons expliquer en peu de mots, en prenant les choſes d'un peu plus loin, à cauſe de la forme particuliére qu'on a donnée aux Tables dont il s'agit, qu'on nomme ordinairement Tables des Sinus.

II.

Explications ou Définitions des Sinus, Tangentes & Sécantes.

78. Le *Sinus* d'un arc eſt une ligne droite abaiſſée perpendiculairement de l'extrémité de cet arc ſur le rayon qui ſe rend à ſon autre extrémité. Dans la *Figure* 33 l'arc *DA* a la ligne *DE* pour Sinus, ou la ligne *AL* qui lui eſt égale. On peut remarquer que le Sinus marque bien la largeur d'un arc, mais qu'il ne la marque pas comme la corde, à cauſe de ſa ſituation perpendiculaire à un des rayons, ce qui le rend toujours plus court. Figure 33.

79. Si l'on rend l'arc plus grand, le Sinus augmentera juſqu'à un certain terme. L'arc *Ad*, par exemple, a *de* pour Sinus; & lorſque l'arc eſt égal au quart de cercle *AB*, il a alors pour Sinus le rayon même *BC*: mais ſi après cela on augmentoit encore l'arc, ſi l'on prenoit, par exemple,

Fig. 33. l'arc *A M*, le Sinus deviendroit plus petit; il se réduiroit à *MN.* Ainsi le rayon ou le semi-diamétre est le dernier terme de grandeur auquel puissent parvenir les Sinus; & c'est pour cela que le rayon prend le nom de *Sinus total.*

80. A mesure que les arcs *A D*, *A d* deviennent plus grands, & que leurs Sinus croissent, ceux des arcs de complément deviennent plus petits. L'arc *BD* a *D F* pour Sinus, & l'arc *B d* a *d f.* On nomme ces Sinus les *Co-Sinus* des arcs *DA* & *d A*; & par la même raison les lignes *DE* & *d e* sont les *Co-Sinus* des arcs *D B* & *d B*.

81. On peut remarquer que chaque Sinus est toujours la moitié de la corde d'un arc double. Le Sinus *D E* est la moitié de *D I*, qui est la corde de l'arc *DA I*, double de *D A.* C'est en employant ce rapport qu'on a calculé la Table du N° 55, ou qu'on l'a déduite de la Table des Sinus. Supposant, par exemple, que l'arc *D I* soit de 50 degrez, pour avoir sa corde, on a cherché le Sinus *D E* de l'arc de 25 degrez. Les Tables donnent ce Sinus de 42 262 parties, lorsque le rayon en contient 100 000, & doublant *D E* on a eu 84 524 pour *D I.*

82. Outre les Sinus, on considére encore deux autres lignes dont chaque arc ou chaque angle est comme accompagné. Si on éléve à l'extrémité du rayon *C A* la perpendiculaire *A G*, & qu'on la termine par la rencontre de l'autre rayon *CD* prolongé jusqu'en *G*, cette ligne *A G* touchera l'arc au point *A*, & on la nomme *la Tangente* de l'arc *A D*; pendant que le rayon *CD* prolongé jusqu'en *G*, se nomme *la Sécante* du même arc. Si l'on rend l'arc plus grand, si on le fait égal à *A d*, sa Tangente *A g* & sa Sécante *C g* seront aussi plus grandes; & elles deviendront infinies, si on rend l'arc égal au quart de cercle *A B*, ou si on le fait de 90 degrez; car la Tangente *A g* & le rayon *C B*, quoique prolongés infiniment, ne se rencontreroient pas.

83. Les arcs de complément *B D* & *B d* ont aussi leurs Tangentes & Sécantes, & elles vont en diminuant à me-

ſure que ces arcs de complément diminuent. *B H* eſt la Tangente de l'arc *B D*, & *CH* en eſt la Sécante ; de même que *Bh* eſt la Tangente, & *C h* la Sécante de l'arc *B d*. En prenant ainſi des arcs de complément toujours plus petits, la Tangente à la fin ſe réduit à rien ; mais les Sécantes en diminuant ne peuvent pas devenir moindres que le rayon ou le Sinus total *CB*. Fig. 33.

84. « Un rapport très-remarquable qu'ont les Sinus « des arcs & les Sécantes de leur complément, c'eſt que ſi « la longueur du Sinus augmente ou diminue un certain « nombre de fois par l'augmentation ou la diminution de « l'étendue de l'arc, la Sécante de complément recevra « un ſemblable changement ; mais en ſens contraire. Le « Sinus *d e* eſt, par exemple, deux fois plus grand que le « Sinus *DE* ; mais en récompenſe la Sécante *C h* de com- « plément du premier arc ſera deux fois plus petite que la « Sécante *CH* de complément de l'autre. Si nous nous « exprimons, comme on le fait en Géométrie, ces lignes « ſeront toujours en rapport inverſe ou réciproque. On « verra la raiſon de cette propriété, ſi l'on fait attention que « le triangle *D C E* eſt toujours ſemblable au triangle *HCB*, « quoiqu'ils ſoient ſitués différemment. Or cette confor- « mité eſt cauſe qu'il y a même rapport du Sinus *D E* au « rayon *C D* que du rayon *C B* à la Sécante de complé- « ment *CH*. Si le Sinus *D E* eſt donc égal au tiers ou au « quart du rayon, la Sécante de complément *CH* ſera tri- « ple ou quadruple du rayon ; & ſi l'on fait augmenter ou « diminuer le Sinus, la Sécante de complément diminuera « ou augmentera dans le même rapport. «

85. La même choſe arrive aux Tangentes qui appar- « tiennent à des arcs qui ſont le complément l'un de l'au- « tre. Si en augmentant l'arc *A D*, on rend ſa Tangente « *A G* deux ou trois fois plus grande, la Tangente *B H* de « l'arc de complément *B D* deviendra dans le même tems « deux ou trois fois plus petite ; parce que le rapport de « l'une au rayon ſera toujours le même que celui du rayon « à l'autre. »

III.

Usage des Sinus, Tangentes & Sécantes; pour résoudre les Triangles; avec quelques applications de cette Méthode.

(Voyez Figure 34.)

86. C'est de la valeur de toutes ces lignes dont on a formé des Tables en les calculant pour les arcs de toutes les grandeurs de degré en degré, & de minute en minute. Ces Tables expriment, comme nous l'avons déja dit, la longueur des côtés de tous les triangles-rectangles d'une maniére très-naturelle, & les donnent même immédiatement, sans qu'il soit nécessaire de faire aucune réduction, lorsqu'un des côtés du triangle est de 100000 parties. Si on nous propose, par exemple, le triangle *ABC*, qui est
Figure 34. rectangle en *B* (*Fig.* 34.) qu'on connoisse la grandeur de ses angles, & qu'ayant de plus la longueur de l'hypothenuse, ou du plus long côté *AC*, on demande la longueur des deux autres côtés *AB* & *BC*, il n'y a qu'à prendre la pointe de l'angle aigu *A* pour centre, & décrire par la pensée l'arc *DC* qui ait pour rayon l'hypothenuse *AC*: alors le côté *BC* deviendra le Sinus de l'arc *DC*, ou de l'angle *A*. Ainsi si l'hypothenuse *AC*, étoit de 100000 pieds, il n'y auroit qu'à chercher dans les Tables le Sinus de l'angle *A*, & on auroit tout d'un coup la valeur de *BC* en pieds.

87. Supposé que l'angle *A* soit de 40 deg. 10 min. on trouvera le nombre 64501 pour son Sinus, & ce seroit donc la valeur de *BC*. Mais si l'hypothenuse *AC*, au lieu d'être de 100000 pieds, n'est que de 350 pieds, le côté *BC* sera plus petit dans le même rapport, & il faudra par conséquent faire cette proportion ou régle de Trois: le Sinus total 100000 est aux 350 pieds de *AC*, comme le Sinus 64501 de l'angle *A* est à *BC*. On trouvera pour sa lon-

gueur, en faisant le calcul, 225 pieds, & un peu plus de trois quarts.

88. Si du point *C* comme centre on décrit l'arc *AE*, l'hypothenuse *AC* servira encore de Sinus total, ou de rayon, & le côté *AB*, sera le Sinus de l'arc *AE* ou de l'angle *C*. Ainsi il n'y auroit point de calcul à faire, supposé que l'hypothenuse fût de 100000 pieds; & il suffiroit pour avoir la longueur de *AB*, de chercher dans les Tables le Sinus de l'angle *C*, qui est de 49 ^{d} 50 ^{m}, lorsque l'angle *A* est de 40 ^{d} 10 ^{m}, & que le triangle est rectangle. Les Tables présentent ordinairement dans la même ligne les deux Sinus complémens l'un de l'autre, une colomne de degré descendant depuis zero jusqu'à 45°. & l'autre allant en montant depuis 45°. jusqu'à 90. On trouve 76417 pour le Sinus de 49 ^{d}. 50′: mais comme l'hypothenuse *AC* n'est que de 350 pieds, il faut diminuer dans le même rapport le Sinus 76417 que fournit la Table. Nous ferons donc cette régle de Trois, ou proportion: le Sinus total 100000 est à *AC* qui est de 350 pieds, comme le Sinus 76417 de l'angle *C* est à *AB* pour lequel on trouvera 267 pieds presque & demi en achevant le calcul.

89. C'est une régle générale dont il faut se ressouvenir, parce qu'elle est d'un usage presque continuel dans la Trigonométrie, que dans tous les triangles formés par des lignes droites, soit que ces triangles soient rectangles, ou qu'ils soient obliquangles, *le Sinus d'un angle est au côté qui lui est opposé, comme le Sinus d'un autre angle est au côté qui lui est opposé.* Il a été question jusqu'à présent de triangles-rectangles; & nous avons aussi toujours comparé le Sinus total à l'hypothenuse qui est le côté opposé à l'angle droit.

90. On n'est pas néanmoins absolument obligé de prendre l'hypothenuse pour rayon ou Sinus total dans les triangles-rectangles. Si l'on décrit par la pensée l'arc *BF* en prenant le côté *AB* pour rayon, l'autre côté *BC* deviendra la Tangente de l'arc *BF* ou de l'angle *A*, & l'hypothenuse *AC* en sera la Sécante. Ainsi il n'y aura qu'à cher-

cher dans les Tables la Tangente de l'angle *A* & sa Sécante, & on pourra les comparer l'une & l'autre aux lignes *BC* & *AC*, en même tems qu'on comparera le Sinus total ou le rayon au côté *AB*. On pourra même faire cette régle de Trois ou analogie, la Sécante de l'angle *A* est à *AC*, comme la Tangente du même angle *A* est à *BC*. Cette analogie est légitime; parce que *BC* est Tangente de l'angle *A*, pendant que *AC* en est la Sécante. Mais on tâche, le plus qu'on peut, de mettre toujours dans ces sortes de calculs le Sinus total au premier terme des régles de Trois, parce que c'est le moyen de s'épargner la peine de faire la division. En effet lorsqu'on a multiplié les deux derniers termes l'un par l'autre, & qu'il ne reste plus qu'à diviser par le Sinus total, il suffit pour faire cette division par une maniére abrégée, de retrancher autant de chiffres vers la droite, qu'il y a de zéros dans le Sinus total, & on a le quotien à gauche. Lorsque nous avons eu à faire cette régle de Trois, le Sinus total 100000 est à 350 pieds comme 76417 est à *AB*; le produit de 350 par 76417 s'est trouvé de 26745950; & si on en retranche les cinq derniéres figures, parce qu'il y a cinq zéros dans 100000, il vient 267 au quotien, & le reste 45950 compaté au diviseur 100000 vaut un peu moins d'un demi: il vaut assez exactement $\frac{23}{50}$.

Trouver la largeur du Pas de Calais par la Trigonométrie.

(Voyez Figure 35.)

91. Pour donner une application remarquable des régles précédentes, nous rapporterons ici l'opération par laquelle Mrs Picard & de la Hire déterminérent la largeur du Pas de Calais, qui est l'endroit le plus étroit de la Manche ou du Canal qui sépare la France de l'Angleterre. Ils mesurerent, sur la Grêve, en commençant à la pointe du Bastion du Risban de Calais, une base *CB* (*Fig.* 35.) de 2500 toises de

Figure 35.

longueur, ou de 15000 pieds de Roy. Ils prirent ensuite avec un instrument exact la mesure des angles *C* & *B*, en visant des deux points de station, au milieu des deux tours les plus apparentes du Château de Douvre. Ils trouverent l'angle en *C* de 37 d. 58 m. & l'angle en *B* de 137 d. 30 m. Ainsi l'angle à Douvre qui est le reste à 180 degrez, puisque les trois angles d'un triangle forment toujours le demi-cercle, étoit de 4 d. 32 m. & c'est donc la valeur de l'angle *D*. Cela supposé, il ne restoit plus qu'à chercher dans les Tables les Sinus des angles *B* & *D*, & à faire cette analogie ou régle de Trois : le Sinus de l'angle *D* est au côté opposé *CB*, ou à la base mesurée, comme le Sinus de l'angle *B* est au côté *CD* qui est celui qu'on vouloit découvrir.

92. Le Sinus de l'angle *D* est 7904, c'est ce qu'on trouve dans les Tables en cherchant vis-à-vis de 4°. 32′. Nous nous sommes contentés de marquer dans les Tables que nous insérerons à la fin de ce premier Livre, les Sinus, de 10 m. en 10 m. On n'y trouvera donc pas le Sinus de 4°. 32 m : mais si on cherche la différence entre les Sinus de 4°. 30′, & de 4°. 40′ on verra qu'elle est de 290; & si on prend la cinquiéme partie de cette différence, il viendra 58 pour celle qui doit répondre à 2′, & qu'il faut par conséquent ajoûter au Sinus de 4 d. 30 m. pour avoir celui de 4°. 32′. Si l'on avoit besoin du Sinus de 4°. 35′, on prendroit le milieu entre 7846 & 8136; ou ce qui revient au même, on ajoûteroit au premier la moitié de la différence 290. Pour avoir le Sinus de 4°. 31′. on prendroit par la même raison la dixiéme partie de la différence 290 qui est produite par les dix minutes qu'il y a entre 4°. 30′ & 4°. 40′; & ajoûtant cette dixiéme partie à 7846 Sinus de 4°. 30′, on auroit 7875 pour celui de 4°. 31′. C'est ce qu'on appelle prendre les *parties proportionnelles*, & ce qui est d'un usage presque toujours néceffaire, lorsqu'on a recours aux Tables, parce que ceux qui les ont construites, n'ont pû leur donner qu'une certaine étendue.

93. Nous revenons à l'exemple que nous nous sommes proposé. Nous avons 7904 pour le Sinus de l'angle *D*, (*Fig.* 35.) qui est de 4°. 32′; & nous avons 67559 pour celui de l'angle *B*. Mais on doit remarquer que ce second Sinus ne se trouve pas vis-à-vis de 137 d. 30 m, mais vis-à-vis du surplus de ce nombre à 180 degrez. On a vu plus haut sur la Figure 33, que les Sinus des arcs, comme *AM*, qui surpassent le quart de cercle, vont en diminuant, & sont plus courts que le Sinus total. C'est pour cette raison que les Tables des Sinus ne s'étendent pas au-delà de 90 degrez; & que pour avoir le Sinus de l'arc *ABM* de 137 d. 30 m. on prend celui *MN* de l'arc *MO* qui est de 42 d. 30 m. Enfin les deux Sinus 7904 & 67559 étant trouvés, il ne reste plus qu'à faire cette régle de Trois; 7904 Sinus de l'angle *D* (*Fig.* 35) est à *CB* qui est de 2500 toises, comme 67559 Sinus de l'angle *B* est à 21369 toises pour la distance *CD* de Calais jusqu'à Douvre.

Fig. 35.

Trouver par la Trigonométrie combien il s'en faut que le Soleil ne réponde à plomb sur un lieu.

(Voyez Figure 36.)

94. » On peut, par la même Méthode, trouver les » angles d'un triangle dont on connoît les côtés. Nous » nous proposerons pour exemple, de mesurer combien il » s'en faut que le Soleil ne réponde sur notre tête, ou combien il est éloigné du point le plus haut du Ciel à notre » égard. Nous voulons suppléer au défaut de l'instrument » de la Figure 3, ou de tous les autres dont on se sert » ordinairement pour faire cette observation, qui, comme » on le verra dans la suite, est extrêmement importante. On aura une feuille de tole ou de fer blanc *AB* » (*Fig.* 36.) qui sera percée en *O* d'un petit trou d'une » demie ligne, ou une ligne de diamétre. On attachera » cette

Figure 36.

cette platine ou feuille, par une de ſes extrémités; au « haut d'un pieu; ou ſi on eſt dans un endroit où il y ait « quelque cabane, on dérangera le chaume de ſon toît, & « on introduira la platine dans l'ouverture, ſans ſe mettre « fort en peine ſi elle ſe trouve de niveau ou dans une ſitua- « tion inclinée. La lumiére du Soleil paſſera par le petit « trou O, on la recevra en C ſur un morceau de planche « ou ſur une tuile : on ſuſpendra au petit trou un fil à plomb « OP; & il ne reſtera plus qu'à meſurer la longueur du « rayon de lumiére OC, & la plus courte diſtance CD du « centre du point lumineux C au fil à plomb. «

95. Il n'importe de quelles parties égales on ſe ſerve « pour meſurer ces deux lignes, pourvû qu'on employe les « mêmes parties, & qu'elles ſoient ſuffiſamment petites, « afin qu'il ſoit permis de négliger les fractions. J'ai pour « l'ordinaire dans mes voyages, employé le pied de Roy, « diviſé en 400 parties. Je poſois quelquefois la feuille de « tole à 7 ou 8 pieds de hauteur: je prenois avec deux ro- « ſeaux que je faiſois gliſſer l'un ſur l'autre, la longueur de « CO, & je voyois combien elle contenoit de parties : « les mêmes roſeaux me ſervoient à prendre la plus courte « diſtance du point C au fil à plomb OP; ce qui me diſpen- « ſoit d'examiner ſi le terrein étoit uni & de niveau. Com- « me le fil à plomb ne deſcendoit pas d'en-haut, préciſé- « ment du centre du petit trou, il me falloit avoir égard « à la demie largeur de ce même trou que j'ajoûtois à la « diſtance CD, ou que j'en retranchois. J'avois après cela « les deux côtés CO & CD du triangle-rectangle CDO; « & il n'étoit plus queſtion que de chercher par le calcul « l'angle que formoient en O le rayon du Soleil & le fil à « plomb. Le fil étoit comme un *Gnomon* ou ſtile, qui avoit « pour ſommet le centre du petit trou. «

96. Ne ſachant pas qu'on eût fait d'obſervation à Sainte « Marthe à la côte du Nord de l'Amérique Eſpagnole, « j'eus recours à une ſemblable opération le 30 Octobre « 1743. à midy. La longueur du rayon de lumiere ne ſe «

il en est parlé à la page 65 et à la page 265

» trouva que de 2217 parties, de celles qui étoient marquées sur un compas de proportion que j'avois ; & la plus courte distance *CD* du rayon de lumiére au fil à plomb, se trouva de 945 de ces mêmes parties. Lorsqu'on prend l'hypothenuse *CO* pour rayon ou pour Sinus total, le côté *CD* est le Sinus de l'angle *COD* qui lui est opposé. Ainsi si le rayon de lumiere s'étoit trouvé de 100000 parties, il n'y auroit qu'à chercher dans les Tables entre les Sinus la longueur de *CD*, & on auroit vis-à-vis, la grandeur de l'angle qu'on veut découvrir ; mais *CO* n'étant que de 2217 parties, il faut faire cette proportion ou régle de Trois ; 2217 est au Sinus total 100000, comme 945 est à un quatriéme terme, qui sera le Sinus de l'angle *COD*. La régle de Trois étant faite, on a 42625, & on trouve que ce Sinus répond à un peu moins de 25 deg. 14 min. C'est-à-dire, qu'il s'en falloit beaucoup que le Soleil ne répondît précisément au-dessus du Port de Sainte Marthe, lorsque j'y étois. Cet astre paroissoit éloigné du point le plus haut du Ciel d'un peu moins de 25 deg. 14 min. Je dois ajoûter que cette Méthode peut se trouver très-utile aux Navigateurs dans les endroits où ils abordent, & qu'elle est susceptible d'une très-grande précision, malgré la simplicité ou même la grossiéreté apparente des expédiens qu'elle employe. »

IV.

Moyen d'abréger les Calculs précédens par les Logarithmes.

(Voyez Fig. 34, 35.)

97. On abrége ordinairement les calculs en se servant des Logarithmes qui sont des nombres tellement disposés, que leur addition tient lieu de multiplication, & leur soustraction tient lieu de division. Nous ne devons pas entreprendre ici d'en expliquer parfaitement la nature, il nous

suffit de dire, que lorsqu'on a de grands calculs à faire, au lieu d'opérer sur les nombres mêmes qu'on a, on opére sur leurs Logarithmes qu'on cherche dans des Tables destinées à cet usage; & ces Logarithmes sont tellement choisis, qu'il y a toujours entr'eux les mêmes différences, toutes les fois que les nombres ausquels ils répondent, ont entr'eux un égal rapport. Le Logarithme de 20, par exemple, surpasse autant celui de 15, que le Logarithme de 400 surpasse celui de 300, ou que celui de 8 surpasse celui de 6; parce qu'il y a même rapport de 20 à 15, que de 400 à 300, ou de 8 à 6. Cela supposé, lorsqu'on veut faire une proportion ou régle de Trois par les Logarithmes, il n'y a qu'à voir combien il y a de différence entre les Logarithmes des deux premiers termes, & mettre la même différence entre les Logarithmes du 3me. & du 4me. Ou ce qui revient au même, il n'y a qu'à ajoûter ensemble les Logarithmes du second & du troisiéme termes, & ôter de la somme le Logarithme du premier; & on aura le Logarithme du quatriéme.

98. Dans le premier exemple que nous nous sommes proposé sur le triangle de la *Figure* 34, nous avons supposé (N°. 87) que l'hypothenuse *A C* étoit de 350 pieds, & que l'angle *A* étoit de 40 d. 10 m; & nous avons fait cette régle de Trois pour découvrir la longueur du côté *B C*; le Sinus total est à *A C*, qui est de 350 pieds, comme le Sinus de 40 d. 10 m. est à *B C*. Si nous voulons faire actuellement l'opération par les Logarithmes, nous n'avons qu'à chercher ceux des Sinus de 90 degrez, & de 40 d. 10 m, & mettre aussi à la place de 350 son Logarithme qu'on trouve dans une Table particuliére, qui est pour les nombres absolus. On aura les trois termes, 10.0000000 est à 2.5440680, comme 9.8095686 est à un quatriéme terme. On ne doit pas ici avoir égard au point placé vers le commencement de ces Logarithmes : la figure ou le chiffre qui est retranché à gauche, se nomme la *Caractéristique* du Logarithme; mais le calcul se fait précisément comme si ce chiffre n'étoit

Figure 34.

point séparé. Le premier des trois nombres surpasse le second, de 7.4559320 : ainsi il n'y a qu'à mettre cette même différence entre le 3me. & le 4me ; ce qui donnera 2.3536366 pour ce dernier. On le trouvera encore, si l'on veut, en ajoûtant ensemble le second & le troisiéme termes, &en ôtant de la somme le premier. Le Logarithme 2.3536366 qui reste, n'est pas la valeur même de *BC*; mais il n'y a qu'à voir à quel nombre il répond dans les Tables, & on trouvera presque 226 pieds. Nous mettons ici ce calcul sous les yeux du Lecteur.

Le Sinus tot. est à *AC* de 350 pi. comme le Sin. de l'angl. *A* de 40 d. 10 m. est à *BC*.

Logarith. 10.0000000 —— 2.5440680 —— 9.8095686

9.8095686

12.3536366

10.0000000

2.3536366 Logar. de $225\frac{3}{4}$ pi. pour le côté *BC*.

Figure 35. 99. Si on veut chercher la distance de Calais à Douvre par les Logarithmes, on aura ces trois nombres; 8.8978418 est à 3.3979400 comme 9.8296833 est au Logarithme de la distance cherchée. Le premier de ces nombres est le Logarithme du Sinus de 4d. 32m, & le troisiéme le Logarithme Sinus de 42d. 30m; & quant au second il est le Logarithme de 2500 toises que fournit la seconde Table, celle qui est destinée aux nombres absolus. Il faut remarquer que celle qu'on trouvera ci-après, ne va que jusqu'à 500; mais il est facile de l'étendre à des nombres beaucoup plus grands. Il n'y a qu'à chercher le Logarithme de 250, on trouvera 2.3979400; & comme il faudroit multiplier 250 par 10, pour convertir ce nombre en 2500, il n'y a qu'à ajoûter au Logarithme de 250 celui de 10 qui est 1,0000000, & on aura 3.3979400 pour le

Logarithme de 2500. Par une pareille augmentation le Logarithme de 25 devient celui de 250; & celui de 20 devient celui de 200, &c. Il suffit toujours d'augmenter de l'unité la Caractéristique d'un Logarithme; & c'est la même chose que si on multiplioit le nombre par 10.

100. Enfin, puisque nous avons les trois Logarithmes 8.8978418...... 3.3979400... & 9.8296833, il ne nous reste qu'à ajoûter ensemble le deuxiéme & le troisiéme, & ôtant de leur somme le premier, il nous viendra le quatriéme terme 4.3297815. Mais il se présente encore ici la même difficulté que ci-devant, à cause du peu d'étendue qu'ont ordinairement les Tables des Logarithmes que les Navigateurs ont entre les mains. Leurs Tables pour les nombres absolus ne vont presque jamais assez loin pour qu'on puisse y trouver ce Logarithme. Il faut dans ce cas se ressouvenir de ce que nous avons dit, que la division des nombres répond à la soustraction de leurs Logarithmes. Cela supposé, nous n'avons qu'à rendre le Logarithme 4.3297815 plus petit, en le diminuant du Logarithme de 50 ou de 60, ou de quelque autre nombre; & nous ferons attention aussi qu'au lieu de trouver immédiatement après cela la distance de Calais à Douvre, nous aurons ensuite une distance 50 ou 60 fois plus petite. Le Logarithme de 60 est 1.7781512; je l'ôte de 4.3297815, & il me vient 2.5516303 qui répond à un peu plus de 356 toises ou à $356\frac{1}{6}$. Mais comme ce nombre est 60 fois trop petit, il faut le multiplier par 60; & on aura 21369 toises pour la distance de Calais à Douvre: Lorsqu'on est sujet à faire de grands calculs, & qu'on veut s'épargner la peine de faire les réductions que nous venons d'employer, on a le soin de se munir de Tables moins limitées.

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D. M.	Sinus.	Tang.	Secan.	Log. Sin.	Log. Tang.	D. M.	Sinus.	Tang.	Secan.	Log. Sinus.	Log. Tang.
0. 0	00	00	100000	Infini negat.	Infin. neg.	90.0	100000	Infini.	Infinie.	10.0000000	Infini.
10	291	291	100000	7.4637255	7.4637273	50	100000	34377371	34377516	9.9999982	12.5362727
20	582	582	100002	7.7647537	7.7647610	40	99998	17188540	17188831	9.9999927	12.2352390
30	873	873	100004	7.9408419	7.9408584	30	99996	11458865	11459301	9.9999835	12.0591416
40	1164	1164	100007	8.0657763	8.0658057	20	99993	8593979	8594561	9.9999706	11.9341943
50	1454	1455	100011	8.1626808	8.1627267	10	99989	6875009	6875736	9.9999541	11.8372733
1. 0	1745	1746	100015	8.2418553	8.2419215	89.0	99985	5728996	5729869	9.9999338	11.7580785
10	2036	2037	100021	8.3087941	8.3088842	50	99979	4910388	4911406	9.9999100	11.6911158
20	2327	2328	100027	8.3667769	8.3668945	40	99973	4296408	4297571	9.9998824	11.6331055
30	2618	2619	100034	8.4179190	8.4180679	30	99966	3818846	3820155	9.9998512	11.5819321
40	2908	2910	100042	8.4636649	8.4638486	20	99958	3436777	3438232	9.9998162	11.5361514
50	3199	3201	100051	8.5050447	8.5052671	10	99949	3124158	3125758	9.9997776	11.4947329
2. 0	3490	3492	100061	8.5428192	8.5430838	88.0	99939	2863625	2865371	9.9997354	11.4569162
10	3781	3783	100072	8.5775660	8.5778766	50	99929	2643160	2645051	9.9996894	11.4221234
20	4071	4075	100083	8.6097341	8.6100943	40	99917	2454176	2456212	9.9996398	11.3899057
30	4362	4366	100095	8.6396796	8.6400931	30	99905	2290377	2292559	9.9995865	11.3599059
40	4653	4658	100108	8.6676893	8.6681598	20	99892	2147040	2149368	9.9995297	11.3318402
50	4943	4949	100122	8.6939980	8.6945292	10	99878	2020555	2023028	9.9994688	11.3054708
3. 0	5234	5241	100137	8.7188002	8.7193958	87.0	99863	1908114	1910732	9.9994044	11.2806042
10	5524	5533	100153	8.7422586	8.7429222	50	99847	1807498	1810262	9.9993364	11.2570778
20	5814	5824	100169	8.7645111	8.7652465	40	99831	1716934	1719843	9.9992646	11.2347535
30	6105	6116	100187	8.7856753	8.7864861	30	99813	1634986	1638041	9.9991892	11.2135139
40	6395	6408	100205	8.8058523	8.8067422	20	99795	1560478	1563679	9.9991101	11.1932578
50	6685	6700	100224	8.8251299	8.8261026	10	99776	1492442	1495788	9.9990273	11.1738974
4. 0	6976	6993	100244	8.8435845	8.8446437	86.0	99756	1430067	1433559	9.9989408	11.1553563
10	7266	7285	100265	8.8612833	8.8624327	50	99736	1372674	1376311	9.9988506	11.1375673
20	7556	7578	100287	8.8782854	8.8795286	40	99714	1319688	1323472	9.9987567	11.1204714
30	7846	7870	100309	8.8946433	8.8959842	30	99692	1270620	1274549	9.9986591	11.1040158
40	8136	8163	100333	8.9104039	8.9118460	20	99668	1225051	1229125	9.9985579	11.0881540
50	8426	8456	100357	8.9256089	8.9271560	10	99644	1182617	1186837	9.9984529	11.0728440
5. 0	8716	8749	100382	8.9402960	8.9419518	85.0	99619	1143005	1147371	9.9983442	11.0580482
10	9005	9042	100408	8.9544991	8.9562672	50	99594	1105943	1110455	9.9982318	11.0437328
20	9295	9335	100435	8.9682487	8.9701330	40	99567	1071191	1075849	9.9981158	11.0298670
30	9585	9629	100463	8.9815729	8.9835769	30	99540	1038540	1043343	9.9979960	11.0164231
40	9874	9923	100491	8.9944968	8.9966243	20	99511	1007803	1012752	9.9978725	11.0033757
50	10164	10216	100521	9.0070436	9.0092984	10	99482	978817	983912	9.9977453	10.9907016
6. 0	10453	10510	100551	9.0192346	9.0216202	84.0	99452	951436	956677	9.9976143	10.9783798
10	10742	10805	100582	9.0310890	9.0336093	50	99421	925530	930917	9.9974797	10.9663907
20	11031	11099	100614	9.0426249	9.0452836	40	99390	900983	906515	9.9973414	10.9547164
30	11320	11394	100647	9.0538588	9.0566595	30	99357	877689	883367	9.9971993	10.9433405
40	11609	11688	100681	9.0648057	9.0677522	20	99324	855555	861379	9.9970535	10.9322478
50	11898	11983	100715	9.0754799	9.0785760	10	99290	834496	840466	9.9969040	10.9214240
7. 0	12187	12278	100751	9.0858945	9.0891438	83.0	99255	814435	820551	9.9967507	10.9108562
10	12476	12574	100787	9.0960615	9.0994678	50	99219	795302	801564	9.9965937	10.9005322
20	12764	12869	100825	9.1059924	9.1095594	40	99182	777035	783443	9.9964330	10.8904406
30	13053	13165	100863	9.1156977	9.1194291	30	99144	759575	766130	9.9962686	10.8805709
40	13341	13461	100902	9.1251872	9.1290868	20	99106	742871	749571	9.9961004	10.8709132
50	13629	13758	100942	9.1344702	9.1385417	10	99067	726873	733719	9.9959284	10.8614583

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D. M.	Sinus.	Tang.	Secan.	Log. Sin.	Log. Tang.	D. M.	Sinus.	Tang.	Secan.	Log. Sin.	Log. Tang.
8. 0	13917	14054	100983	9.1435553	9.1478025	82.0	99027	711537	718530	9.9957528	10.8521975
10	14205	14351	101024	9.1524507	9.1568773	50	98986	696823	703962	9.9955734	10.8431227
20	14493	14648	101067	9.1611639	9.1657737	40	98944	682694	689979	9.9953902	10.8342263
30	14781	14945	101111	9.1697021	9.1744988	30	98902	669116	676547	9.9952033	10.8255012
40	15069	15243	101155	9.1780721	9.1830595	20	98858	656055	663633	9.9950126	10.8169405
50	15356	15540	101200	9.1862802	9.1914621	10	98814	643484	651208	9.9948181	10.8085379
9. 0	15643	15838	101247	9.1943324	9.1997125	81.0	98769	631375	639245	9.9946199	10.8002875
10	15931	16137	101294	9.2022345	9.2078165	50	98723	619703	627719	9.9944180	10.7921835
20	16218	16435	101342	9.2099917	9.2157795	40	98676	608444	616607	9.9942122	10.7842205
30	16505	16734	101390	9.2176092	9.2236065	30	98629	597576	605886	9.9940027	10.7763935
40	16792	17033	101440	9.2250918	9.2313024	20	98580	587080	595536	9.9937894	10.7686976
50	17078	17333	101491	9.2324440	9.2388717	10	98531	576937	585539	9.9935723	10.7611283
10.0	17365	17633	101543	9.2396702	9.2463188	80.0	98481	567128	575877	9.9933515	10.7536812
10	17651	17933	101595	9.2467746	9.2536477	50	98430	557638	566533	9.9931268	10.7463523
20	17937	18233	101649	9.2537609	9.2608625	40	98378	548451	557493	9.9928984	10.7391375
30	18224	18534	101703	9.2606330	9.2679669	30	98325	539552	548740	9.9926661	10.7320331
40	18509	18835	101758	9.2673945	9.2749644	20	98272	530928	540263	9.9924301	10.7250356
50	18795	19136	101815	9.2740487	9.2818585	10	98218	522566	532049	9.9921902	10.7181415
11.0	19081	19438	101872	9.2805988	9.2886523	79.0	98163	514455	524084	9.9919466	10.7113477
10	19366	19740	101930	9.2870480	9.2953489	50	98107	506584	516359	9.9916991	10.7046511
20	19652	20042	101989	9.2933993	9.3019514	40	98050	498940	508863	9.9914478	10.6980486
30	19937	20345	102049	9.2996553	9.3084626	30	97992	491516	501585	9.9911927	10.6915374
40	20222	20648	102110	9.3058189	9.3148851	20	97934	484300	494517	9.9909338	10.6851149
50	20507	20952	102171	9.3118926	9.3212216	10	97875	477286	487649	9.9906710	10.6787784
12.0	20791	21256	102234	9.3178789	9.3274745	78.0	97815	470463	480973	9.9904044	10.6725255
10	21076	21560	102298	9.3237802	9.3336463	50	97754	463825	474482	9.9901339	10.6663537
20	21360	21864	102362	9.3295988	9.3397391	40	97692	457363	468167	9.9898597	10.6602609
30	21644	22169	102428	9.3353368	9.3457552	30	97630	451071	462023	9.9895815	10.6542448
40	21928	22475	102494	9.3409963	9.3516968	20	97566	444942	456041	9.9892995	10.6483032
50	22212	22781	102562	9.3465794	9.3575658	10	97502	438969	450216	9.9890137	10.6424342
13.0	22495	23087	102630	9.3520880	9.3633641	77.0	97437	433148	444541	9.9887239	10.6366359
10	22778	23393	102700	9.3575240	9.3690937	50	97371	427471	439012	9.9884303	10.6309063
20	23062	23700	102770	9.3628892	9.3747563	40	97304	421933	433621	9.9881329	10.6252437
30	23345	24008	102842	9.3681853	9.3803537	30	97237	416530	428366	9.9878315	10.6196463
40	23627	24316	102914	9.3734139	9.3858876	20	97169	411256	423239	9.9875263	10.6141124
50	23910	24624	102987	9.3705767	9.3913595	10	97100	406107	418238	9.9872171	10.6086405
14.0	24192	24933	103061	9.38367[illegible]2	9.3967711	76.0	97030	401078	413357	9.9869041	10.6032289
10	24474	25242	103137	9.3887109	9.4021237	50	96959	396165	408591	9.9865872	10.5978763
20	24756	25552	103213	9.3936852	9.4074189	40	96887	391364	403938	9.9862663	10.5925811
30	25038	25862	103290	9.3985996	9.4126581	30	96815	386671	399393	9.9859416	10.5873419
40	25320	26172	103368	9.4034554	9.4178425	20	96742	382083	394952	9.9856129	10.5821575
50	25601	26483	103447	9.4082539	9.4229735	10	96667	377595	390612	9.9852803	10.5770265
15.0	25882	26795	103528	9.4129962	9.4280525	75.0	96593	373205	386370	9.9849438	10.5719475
10	26163	27107	103609	9.4176837	9.4330804	50	96517	368909	382223	9.9846033	10.5669196
20	26443	27419	103691	9.4223176	9.4380587	40	96440	364705	378166	9.9842589	10.5619413
30	26724	27732	103774	9.4268988	9.4429883	30	96363	360588	374198	9.9839105	10.5570117
40	27004	28046	103858	9.4314286	9.4478704	20	96285	356557	370315	9.9835582	10.5521296
50	27284	28360	103944	9.4359080	9.4527061	10	96206	352609	366515	9.9832019	10.5472939

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.	D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.
16.0	27564	28675	104030	9.4403381	9.4574964	74.0	96126	348741	362796	9.9828416	10.5425036
10	27843	28990	104117	9.4447197	9.4622423	50	96046	344951	359154	9.9824774	10.5377577
20	28123	29305	104206	9.4490540	9.4669448	40	95964	341236	355587	9.9821092	10.5330552
30	28402	29621	104295	9.4533418	9.4716048	30	95882	337594	352094	9.9817370	10.5283952
40	28680	29938	104385	9.4575840	9.4762233	20	95799	334023	348671	9.9813608	10.5237767
50	28959	30255	104477	9.4617816	9.4808011	10	95715	330521	345317	9.9809805	10.5191989
17.0	29237	30573	104569	9.4659353	9.4853390	73.0	95630	327085	342030	9.9805963	10.5146610
10	29515	30891	104663	9.4700461	9.4898380	50	95545	323714	338808	9.9802081	10.5101620
20	29793	31210	104757	9.4741146	9.4942988	40	95459	320406	335649	9.9798158	10.5057012
30	30071	31530	104853	9.4781418	9.4987223	30	95372	317159	332551	9.9794195	10.5012777
40	30348	31850	104950	9.4821283	9.5031092	20	95284	313972	329512	9.9790192	10.4968908
50	30625	32171	105047	9.4860749	9.5074602	10	95195	310842	326531	9.9786148	10.4925398
18.0	30902	32492	105146	9.4899824	9.5117760	72.0	95106	307768	323607	9.9782063	10.4882240
10	31178	32814	105246	9.4938513	9.5160575	50	95015	304749	320737	9.9777938	10.4839425
20	31454	33136	105347	9.4976824	9.5203052	40	94924	301783	317920	9.9773772	10.4796948
30	31730	33460	105449	9.5014764	9.5245199	30	94832	298868	315155	9.9769566	10.4754801
40	32006	33783	105552	9.5052339	9.5287021	20	94740	296004	312440	9.9765318	10.4712979
50	32282	34108	105657	9.5089556	9.5328526	10	94646	293189	309774	9.9761030	10.4671474
19.0	32557	34433	105762	9.5126419	9.5369719	71.0	94552	290421	307155	9.9756701	10.4630281
10	32832	34758	105869	9.5162936	9.5410606	50	94457	287700	304584	9.9752330	10.4589394
20	33106	35085	105976	9.5199112	9.5451193	40	94361	285023	302057	9.9747918	10.4548807
30	33381	35412	106085	9.5234953	9.5491487	30	94264	282391	299574	9.9743466	10.4508513
40	33655	35740	106195	9.5270463	9.5531492	20	94167	279802	297135	9.9738971	10.4468508
50	33929	36068	106306	9.5305650	9.5571214	10	94068	277254	294737	9.9734435	10.4428786
20.0	34202	36397	106418	9.5340517	9.5610659	70.0	93969	274748	292380	9.9729858	10.4389341
10	34475	36727	106531	9.5375069	9.5649831	50	93869	272281	290063	9.9725239	10.4350169
20	34748	37057	106645	9.5409314	9.5688735	40	93769	269853	287785	9.9720579	10.4311265
30	35021	37388	106761	9.5443253	9.5727377	30	93667	267462	285545	9.9715876	10.4272623
40	35293	37720	106878	9.5476893	9.5765761	20	93565	265109	283342	9.9711132	10.4234239
50	35565	38053	106995	9.5510237	9.5803892	10	93462	262791	281175	9.9706346	10.4196108
21.0	35837	38386	107114	9.5543292	9.5841774	69.0	93358	260509	279043	9.9701517	10.4158226
10	36108	38721	107235	9.5576060	9.5879413	50	93253	258261	276945	9.9696647	10.4120587
20	36379	39055	107356	9.5608546	9.5916812	40	93148	256046	274881	9.9691734	10.4083188
30	36650	39391	107479	9.5640754	9.5953975	30	93042	253865	272850	9.9686779	10.4046025
40	36921	39727	107602	9.5672689	9.5990908	20	92935	251716	270851	9.9681781	10.4009092
50	37191	40065	107727	9.5704355	9.6027613	10	92827	249597	268884	9.9676741	10.3972387
22.0	37461	40403	107853	9.5735754	9.6064066	68.0	92718	247509	266947	9.9671659	10.3935904
10	37730	40741	107981	9.5766892	9.6100359	50	92609	245451	265040	9.9666533	10.3899641
20	37999	41081	108109	9.5797772	9.6136407	40	92499	243422	263162	9.9661365	10.3863593
30	38268	41421	108239	9.5828397	9.6172243	30	92388	241421	261313	9.9656153	10.3827757
40	38537	41763	108370	9.5858771	9.6207872	20	92276	239449	259491	9.9650899	10.3792128
50	38805	42105	108503	9.5888897	9.6243296	10	92164	237504	257698	9.9645602	10.3756704
23.0	39073	42447	108636	9.5918780	9.6278519	67.0	92050	235585	255930	9.9640261	10.3721481
10	39341	42791	108771	9.5948422	9.6313545	50	91936	233693	254190	9.9634877	10.3686455
20	39608	43136	108907	9.5977827	9.6348378	40	91822	231826	252474	9.9629449	10.3651622
30	39875	43481	109044	9.6006997	9.6383019	30	91706	229984	250784	9.9623978	10.3616981
40	40141	43828	109183	9.6035936	9.6417473	20	91590	228167	249119	9.9618463	10.3582527
50	40408	44175	109323	9.6064647	9.6451743	10	91472	226374	247477	9.9612904	10.3548257

TABLE

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D. M.	Sinus.	Tang.	Secan.	Log. Sin.	Log. Tang.	D. M.	Sinus.	Tang.	Secan.	Log. Sin.	Log. Tang.
24.0	40674	44523	109464	9.6093133	9.6485831	66.0	91355	224604	245859	9.9607302	10.3514169
10	40939	44872	109606	9.6121397	9.6519742	50	91236	222857	244264	9.9601655	10.3480258
20	41204	45222	109750	9.6149441	9.6553477	40	91116	221132	242692	9.9595964	10.3446523
30	41469	45573	109895	9.6177270	9.6587041	30	90996	219430	241142	9.9590229	10.3412960
40	41734	45924	110041	9.6204884	9.6620434	20	90875	217749	239614	9.9584450	10.3379566
50	41998	46277	110189	9.6232287	9.6653662	10	90753	216090	238106	9.9578626	10.3346338
25.0	42262	46631	110338	9.6259483	9.6686725	65.0	90631	214451	236620	9.9572757	10.3313275
10	42525	46985	110488	9.6286472	9.6719628	50	90507	212832	235154	9.9566844	10.3280372
20	42788	47341	110640	9.6313258	9.6752372	40	90383	211233	233708	9.9560886	10.3247628
30	43051	47698	110793	9.6339844	9.6784961	30	90259	209654	232282	9.9554882	10.3215039
40	43313	48055	110947	9.6366231	9.6817396	20	90133	208094	230875	9.9548834	10.3182604
50	43575	48414	111103	9.6392422	9.6849681	10	90007	206553	229487	9.9542741	10.3150319
26.0	43837	48773	111260	9.6418420	9.6881818	64.0	89879	205030	228117	9.9536602	10.3118182
10	44098	49134	111419	9.6444226	9.6913809	50	89752	203526	226766	9.9530418	10.3086191
20	44359	49495	111579	9.6469844	9.6945656	40	89623	202039	225432	9.9524188	10.3054344
30	44620	49858	111740	9.6495274	9.6977363	30	89493	200569	224116	9.9517912	10.3022637
40	44880	50222	111903	9.6520521	9.7008930	20	89363	199116	222817	9.9511590	10.2991070
50	45140	50587	112067	9.6545584	9.7040362	10	89232	197680	221535	9.9505223	10.2959638
27.0	45399	50953	112233	9.6570468	9.7071659	63.0	89101	196261	220269	9.9498809	10.2928341
10	45658	51319	112400	9.6595173	9.7102824	50	88968	194858	219019	9.9492349	10.2897176
20	45917	51688	112568	9.6619701	9.7133859	40	88835	193470	217786	9.9485642	10.2866141
30	46175	52057	112738	9.6644056	9.7164767	30	88701	192098	216568	9.9479289	10.2835233
40	46433	52427	112910	9.6668238	9.7195549	20	88566	190741	215366	9.9472689	10.2804451
50	46690	52798	113083	9.6692250	9.7226207	10	88431	189400	214178	9.9466043	10.2773793
28.0	46947	53171	113257	9.6716093	9.7256744	62.0	88295	188073	213005	9.9459349	10.2743256
10	47204	53545	113433	9.6739769	9.7287161	50	88158	186760	211847	9.9452609	10.2712839
20	47460	53920	113610	9.6763281	9.7317460	40	88020	185462	210704	9.9445821	10.2682540
30	47716	54296	113789	9.6786629	9.7347644	30	87882	184177	209574	9.9438985	10.2652356
40	47971	54673	113970	9.6809816	9.7377714	20	87743	182906	208458	9.9432102	10.2622286
50	48226	55051	114152	9.6832843	9.7407672	10	87603	181649	207356	9.9425171	10.2592328
29.0	48481	55431	114335	9.6855712	9.7437520	61.0	87462	180405	206267	9.9418193	10.2562480
10	48735	55812	114521	9.6878425	9.7467259	50	87321	179174	205191	9.9411166	10.2532741
20	48989	56194	114707	9.6900983	9.7496892	40	87178	177955	204128	9.9404091	10.2503108
30	49242	56577	114896	9.6923388	9.7526420	30	87036	176749	203077	9.9396968	10.2473580
40	49495	56962	115085	9.6945642	9.7555846	20	86892	175556	202039	9.9389796	10.2444154
50	49748	57348	115277	9.6967745	9.7585170	10	86748	174375	201014	9.9382576	10.2414830
30.0	50000	57735	115470	9.6989700	9.7614394	60.0	86603	173205	200000	9.9375306	10.2385606
10	50252	58124	115665	9.7011508	9.7643520	50	86457	172047	198998	9.9367988	10.2356480
20	50503	58513	115861	9.7033170	9.7672550	40	86310	170901	198008	9.9360621	10.2327450
30	50754	58904	116059	9.7054689	9.7701485	30	86163	169766	197029	9.9353204	10.2298515
40	51004	59297	116259	9.7076064	9.7730327	20	86015	168643	196062	9.9345738	10.2269673
50	51254	59691	116460	9.7097299	9.7759077	10	85866	167530	195106	9.9338222	10.2240923
31.0	51504	60086	116663	9.7118393	9.7787737	59.0	85717	166428	194160	9.9330656	10.2212263
10	51753	60483	116868	9.7139349	9.7816309	50	85567	165337	193226	9.9323040	10.2183691
20	52002	60881	117075	9.7160168	9.7844794	40	85416	164256	192302	9.9315374	10.2155206
30	52250	61280	117283	9.7180851	9.7873193	30	85264	163185	191388	9.9307658	10.2126807
40	52498	61681	117493	9.7201399	9.7901508	20	85112	162125	190485	9.9299891	10.2098492
50	52745	62083	117704	9.7221814	9.7929741	10	84959	161074	189591	9.9292073	10.2070259

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D. M.	Sinus.	Tang.	Secan.	Log. Sin.	Log. Tang.	D. M.	Sinus.	Tang.	Secan.	Log. Sin.	Log. Tang.
32.0	52992	62487	117918	9.7242097	9.7957892	58.0	84805	160033	188708	9.9284205	10.2042108
10	53238	62892	118133	9.7262249	9.7985964	50	84650	159002	187834	9.9276285	10.2014036
20	53484	63299	118350	9.7282271	9.8013957	40	84495	157981	186970	9.9268314	10.1986043
30	53730	63707	118569	9.7302165	9.8041873	30	84339	156969	186116	9.9260292	10.1958127
40	53975	64117	118790	9.7321932	9.8069714	20	84182	155966	185271	9.9252218	10.1930286
50	54220	64528	119012	9.7341572	9.8097480	10	84025	154972	184435	9.9244092	10.1902520
33.0	54464	64941	119236	9.7361088	9.8125174	57.0	83867	153986	183608	9.9235914	10.1874826
10	54708	65355	119462	9.7380479	9.8152795	50	83708	153010	182790	9.9227684	10.1847205
20	54951	65771	119691	9.7399748	9.8180347	40	83549	152043	181981	9.9219401	10.1819653
30	55194	66189	119920	9.7418895	9.8207829	30	83389	151084	181180	9.9211066	10.1792171
40	55436	66608	120152	9.7437921	9.8235244	20	83228	150133	180388	9.9202678	10.1764756
50	55678	67028	120386	9.7456828	9.8262592	10	83066	149190	179604	9.9194237	10.1737408
34.0	55919	67451	120622	9.7475617	9.8289874	56.0	82904	148256	178829	9.9185742	10.1710126
10	56160	67875	120859	9.7494287	9.8317093	50	82741	147330	178062	9.9177194	10.1682907
20	56401	68301	121099	9.7512842	9.8344249	40	82577	146411	177303	9.9168593	10.1655751
30	56641	68728	121341	9.7531280	9.8371343	30	82413	145501	176552	9.9159937	10.1628657
40	56880	69157	121584	9.7549604	9.8398377	20	82248	144598	175808	9.9151228	10.1601623
50	57119	69588	121830	9.7567815	9.8425351	10	82082	143703	175073	9.9142464	10.1574649
35.0	57358	70021	122077	9.7585913	9.8452268	55.0	81915	142815	174345	9.9133645	10.1547732
10	57596	70455	122327	9.7603899	9.8479127	50	81748	141934	173624	9.9124772	10.1520873
20	57833	70891	122579	9.7621775	9.8505931	40	81580	141061	172911	9.9115844	10.1494069
30	58070	71329	122833	9.7639540	9.8532680	30	81412	140195	172205	9.9106860	10.1467320
40	58307	71769	123089	9.7657197	9.8559376	20	81242	139336	171506	9.9097821	10.1440624
50	58543	72211	123347	9.7674746	9.8586019	10	81072	138484	170815	9.9088727	10.1413981
36.0	58779	72654	123607	9.7692187	9.8612610	54.0	80902	137638	170130	9.9079576	10.1387390
10	59014	73100	123869	9.7709522	9.8639152	50	80730	136800	169452	9.9070370	10.1360848
20	59248	73547	124134	9.7726751	9.8665644	40	80558	135968	168782	9.9061107	10.1334356
30	59482	73996	124400	9.7743876	9.8692089	30	80386	135142	168117	9.9051787	10.1307911
40	59716	74447	124669	9.7760897	9.8718486	20	80212	134323	167460	9.9042411	10.1281514
50	59949	74900	124940	9.7777815	9.8744838	10	80038	133511	166809	9.9032977	10.1255162
37.0	60181	75355	125214	9.7794630	9.8771144	53.0	79864	132704	166164	9.9023486	10.1228856
10	60414	75812	125489	9.7811344	9.8797407	50	79688	131904	165526	9.9013938	10.1202593
20	60645	76272	125767	9.7827958	9.8823627	40	79512	131110	164894	9.9004331	10.1176373
30	60876	76733	126047	9.7844471	9.8849805	30	79335	130323	164268	9.8994667	10.1150195
40	61107	77196	126330	9.7860886	9.8875942	20	79158	129541	163648	9.8984944	10.1124058
50	61337	77661	126615	9.7877202	9.8902040	10	78980	128764	163035	9.8975162	10.1097960
38.0	61566	78129	126902	9.7893420	9.8928098	52.0	78801	127994	162427	9.8965321	10.1071902
10	61795	78598	127191	9.7909541	9.8954119	50	78622	127230	161825	9.8955422	10.1045881
20	62024	79070	127483	9.7925566	9.8980104	40	78442	126471	161229	9.8945463	10.1019896
30	62251	79544	127778	9.7941496	9.9006052	30	78261	125717	160639	9.8935444	10.0993948
40	62479	80020	128075	9.7957330	9.9031966	20	78079	124969	160054	9.8925365	10.0968034
50	62706	80498	128374	9.7973071	9.9057845	10	77897	124227	159475	9.8915226	10.0942155
39.0	62932	80978	128670	9.7988718	9.9083692	51.0	77715	123490	158902	9.8905026	10.0916308
10	63158	81461	128980	9.8004272	9.9109507	50	77531	122758	158333	9.8894765	10.0890493
20	63383	81946	129287	9.8019735	9.9135291	40	77347	122031	157771	9.8884444	10.0864709
30	63608	82434	129597	9.8035105	9.9161045	30	77162	121310	157213	9.8874061	10.0838955
40	63832	82923	129909	9.8050385	9.9186769	20	76977	120593	156661	9.8863616	10.0813231
50	64056	83415	130223	9.8065575	9.9212466	10	76791	119882	156114	9.8853109	10.0787534

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D. M.	Sinus.	Tang.	Secan.	Log. Sin.	Log. Tang.	D. M.	Sinus.	Tang.	Secan.	Log. Sin.	Log. Tang.
40.0	64279	83910	130541	9.8080675	9.9238135	50.0	76604	119175	155572	9.8842540	10.0761865
10	64501	84407	130861	9.8095686	9.9263778	50	76417	118474	155036	9.8831908	10.0736222
20	64723	84906	131183	9.8110609	9.9289396	40	76229	117777	154504	9.8821213	10.0710604
30	64945	85408	131509	9.8125444	9.9314989	30	76041	117085	153977	9.8810455	10.0685011
40	65166	85912	131837	9.8140192	9.9340559	20	75851	116398	153455	9.8799634	10.0659441
50	65386	86419	132168	9.8154854	9.9366105	10	75661	115715	152938	9.8788748	10.0633895
41.0	65606	86929	132501	9.8169429	9.9391631	49.0	75471	115037	152425	9.8777799	10.0608369
10	65825	87441	132838	9.8183919	9.9417135	50	75280	114363	151918	9.8766785	10.0582865
20	66044	87955	133177	9.8198325	9.9442619	40	75088	113694	151415	9.8755706	10.0557381
30	66262	88473	133519	9.8212646	9.9468084	30	74896	113029	150916	9.8744561	10.0531916
40	66480	88992	133864	9.8226883	9.9493531	20	74703	112369	150422	9.8733352	10.0506469
50	66697	89515	134212	9.8241037	9.9518961	10	74509	111713	149933	9.8722076	10.0481039
42.0	66913	90040	134563	9.8255109	9.9544374	48.0	74314	111061	149448	9.8710735	10.0455626
10	67129	90569	134917	9.8269098	9.9569772	50	74120	110414	148967	9.8699326	10.0430228
20	67344	91099	135274	9.8283006	9.9595155	40	73924	109770	148491	9.8687851	10.0404845
30	67559	91633	135634	9.8296833	9.9620525	30	73728	109131	148019	9.8676309	10.0379475
40	67773	92170	135997	9.8310580	9.9645881	20	73531	108496	147551	9.8664699	10.0354119
50	67987	92709	136363	9.8324246	9.9671225	10	73333	107864	147087	9.8653021	10.0328775
43.0	68200	93252	136733	9.8337833	9.9696559	47.0	73135	107237	146628	9.8641275	10.0303441
10	68412	93797	137105	9.8351341	9.9721882	50	72937	106613	146173	9.8629460	10.0278118
20	68624	94345	137481	9.8364771	9.9747195	40	72737	105994	145721	9.8617576	10.0252805
30	68835	94896	137860	9.8378122	9.9772500	30	72537	105378	145274	9.8605622	10.0227500
40	69046	95451	138242	9.8391396	9.9797797	20	72337	104766	144831	9.8593599	10.0202203
50	69256	96008	138628	9.8404593	9.9823087	10	72136	104158	144391	9.8581505	10.0176913
44.0	69466	96569	139016	9.8417713	9.9848372	46.0	71934	103553	143956	9.8569341	10.0151628
10	69675	97133	139409	9.8430757	9.9873651	50	71732	102952	143524	9.8557106	10.0126349
20	69883	97700	139804	9.8443725	9.9898926	40	71529	102355	143096	9.8544799	10.0101074
30	70091	98270	140203	9.8456618	9.9924197	30	71325	101761	142672	9.8532421	10.0075803
40	70298	98843	140606	9.8469436	9.9949466	20	71121	101170	142251	9.8519970	10.0050534
50	70505	99420	141012	9.8482180	9.9974734	10	70916	100583	141835	9.8507446	10.0025266
45.0	70711	100000	141421	9.8494850	10.0000000	45.0	70711	100000	141421	9.8494850	10.0000000



TABLE des Logarithmes des nombres absolus depuis 1. jusqu'à 500.

N.	Logarith.	N.	Logarith.	N.	Logarith.	N.	Logarith.	N.	Logarith.
1	0.0000000	51	1.7075702	101	2.0043214	151	2.1789769	201	2.3031961
2	0.3010300	52	1.7160033	102	2.0086002	152	2.1818436	202	2.3053514
3	0.4771212	53	1.7242759	103	2.0128372	153	2.1846914	203	2.3074960
4	0.6020600	54	1.7323938	104	2.0170333	154	2.1875207	204	2.3096302
5	0.6989700	55	1.7403627	105	2.0211893	155	2.1903317	205	2.3117539
6	0.7781512	56	1.7481880	106	2.0253059	156	2.1931246	206	2.3138672
7	0.8450980	57	1.7558748	107	2.0293838	157	2.1958996	207	2.3159703
8	0.9030900	58	1.7634280	108	2.0334238	158	2.2986571	208	2.3180633
9	0.9542425	59	1.7708520	109	2.0374265	159	2.2013971	209	2.3201463
10	1.0000000	60	1.7781512	110	2.0413927	160	2.2041200	210	2.3222193
11	1.0413927	61	1.7853298	111	2.0453230	161	2.2068259	211	2.3242824
12	1.0791812	62	1.7923917	112	2.0492180	162	2.2095150	212	2.3263359
13	1.1139433	63	1.7993405	113	2.0530784	163	2.2121876	213	2.3283796
14	1.1461280	64	1.8061800	114	2.0569048	164	2.2148438	214	2.3304138
15	1.1760913	65	1.8129133	115	2.0606978	165	2.2174839	215	2.3324385
16	1.2041200	66	1.8195439	116	2.0644580	166	2.2201081	216	2.3344537
17	1.2304489	67	1.8260748	117	2.0681859	167	2.2227165	217	2.3364597
18	1.2552725	68	1.8325189	118	2.0718820	168	2.2253093	218	2.3384565
19	1.2787536	69	1.8388491	119	2.0755470	169	2.2278867	219	2.3404441
20	1.3010300	70	1.8450980	120	2.0791812	170	2.2304489	220	2.3424227
21	1.3222193	71	1.8512583	121	2.0827854	171	2.2329961	221	2.3443923
22	1.3424227	72	1.8573325	122	2.0863598	172	2.2355284	222	2.3463530
23	1.3617278	73	1.8633229	123	2.0899051	173	2.2380461	223	2.3483049
24	1.3802112	74	1.8692317	124	2.0934217	174	2.2405492	224	2.3502480
25	1.3979400	75	1.8750613	125	2.0969100	175	2.2430380	225	2.3521825
26	1.4149733	76	1.8808136	126	2.1003705	176	2.2455127	226	2.3541084
27	1.4313638	77	1.8864907	127	2.1038037	177	2.2479733	227	2.3560259
28	1.4471580	78	1.8920946	128	2.1072100	178	2.2504200	228	2.3579348
29	1.4623980	79	1.8976271	129	2.1105897	179	2.2528530	229	2.3598355
30	1.4771212	80	1.9030900	130	2.1139433	180	2.2552725	230	2.3617278
31	1.4913617	81	1.9084850	131	2.1172713	181	2.2576786	231	2.3636120
32	1.5051500	82	1.9138138	132	2.1205739	182	2.2600714	232	2.3654880
33	1.5185139	83	1.9190781	133	2.1238516	183	2.2624511	233	2.3673559
34	1.5314789	84	1.9242793	134	2.1271048	184	2.2648178	234	2.3692159
35	1.5440680	85	1.9294189	135	2.1303338	185	2.2671717	235	2.3710679
36	1.5563025	86	1.9344984	136	2.1335389	186	2.2695129	236	2.3729120
37	1.5682017	87	1.9395192	137	2.1367206	187	2.2718416	237	2.3747483
38	1.5797836	88	1.9444827	138	2.1398791	188	2.2741578	238	2.3765770
39	1.5910646	89	1.9493900	139	2.1430148	189	2.2764618	239	2.3783979
40	1.6020600	90	1.9542425	140	2.1461280	190	2.2787536	240	2.3802112
41	1.6127839	91	1.9590414	141	2.1492191	191	2.2810334	241	2.3820170
42	1.6232493	92	1.9637878	142	2.1522883	192	2.2833012	242	2.3838154
43	1.6334685	93	1.9684829	143	2.1553360	193	2.2855573	243	2.3856063
44	1.6434527	94	1.9731278	144	2.1583625	194	2.2878017	244	2.3873898
45	1.6532125	95	1.9777236	145	2.1613680	195	2.2900346	245	2.3892661
46	1.6627578	96	1.9822712	146	2.1643528	196	2.2922561	246	2.3909351
47	1.6720979	97	1.9867717	147	2.1673173	197	2.2944662	247	2.3926969
48	1.6812412	98	1.9912761	148	2.1702617	198	2.2966652	248	2.3944517
49	1.6901961	99	1.9956352	149	2.1731863	199	2.2988531	249	2.3961993
50	1.6989700	100	2.0000000	150	2.1760913	200	2.3010300	250	2.3979400

TABLE des Logarithmes des nombres naturels jusqu'à 500.

N.	Logarith.	N.	Logarith.	N.	Logarith.	N.	Logarith.	N.	Logarith.
251	2.3996737	301	2.4785665	351	2.5453071	401	2.6031444	451	2.6541765
252	2.4014005	302	2.4800069	352	2.5465427	402	2.6042260	452	2.6551384
253	2.4031205	303	2.4814426	353	2.5477747	403	2.6053050	453	2.6560982
254	2.4048337	304	2.4828736	354	2.5490033	404	2.6063814	454	2.6570558
255	2.4065402	305	2.4842998	355	2.5502283	405	2.6074550	455	2.6580114
256	2.4082400	306	2.4857214	356	2.5514500	406	2.6085260	456	2.6589648
257	2.4099331	307	2.4871384	357	2.5526682	407	2.6095944	457	2.6599162
258	2.4116197	308	2.4885507	358	2.5538830	408	2.6106602	458	2.6608655
259	2.4132998	309	2.4899585	359	2.5550944	409	2.6117233	459	2.6618127
260	2.4149733	310	2.4913617	360	2.5563025	410	2.6127839	460	2.6627578
261	2.4166405	311	2.4927604	361	2.5575072	411	2.6138418	461	2.6637009
262	2.4183013	312	2.4941546	362	2.5587086	412	2.6148972	462	2.6646420
263	2.4199557	313	2.4955443	363	2.5599066	413	2.6159500	463	2.6655810
264	2.4216039	314	2.4969296	364	2.5611014	414	2.6170003	464	2.6665180
265	2.4232459	315	2.4983105	365	2.5622929	415	2.6180481	465	2.6674529
266	2.4248816	316	2.4996871	366	2.5634811	416	2.6190933	466	2.6683859
267	2.4265113	317	2.5010593	367	2.5646661	417	2.6201360	467	2.6693169
268	2.4281348	318	2.5024271	368	2.5658478	418	2.6211763	468	2.6702458
269	2.4297523	319	2.5037907	369	2.5670264	419	2.6222140	469	2.6711728
270	2.4313638	320	2.5051500	370	2.5682017	420	2.6232493	470	2.6720979
271	2.4329693	321	2.5065050	371	2.5693739	421	2.6242821	471	2.6730209
272	2.4345689	322	2.5078559	372	2.5705429	422	2.6253124	472	2.6739420
273	2.4361626	323	2.5092025	373	2.5717088	423	2.6263404	473	2.6748611
274	2.4377506	324	2.5105450	374	2.5728716	424	2.6273659	474	2.6757783
275	2.4393327	325	2.5118834	375	2.5740313	425	2.6283889	475	2.6766936
276	2.4409091	326	2.5132176	376	2.5751878	426	2.6294096	476	2.6776069
277	2.4424798	327	2.5145477	377	2.5763413	427	2.6304279	477	2.6785184
278	2.4440448	328	2.5158738	378	2.5774918	428	2.6314438	478	2.6794279
279	2.4456042	329	2.5171959	379	2.5786392	429	2.6324573	479	2.6803355
280	2.4471580	330	2.5185139	380	2.5797836	430	2.6334685	480	2.6812412
281	2.4487063	331	2.5198280	381	2.5809250	431	2.6344773	481	2.6821451
282	2.4502491	332	2.5211381	382	2.5820634	432	2.6354837	482	2.6830470
283	2.4517864	333	2.5224442	383	2.5831988	433	2.6364879	483	2.6839471
284	2.4533183	334	2.5237465	384	2.5843312	434	2.6374897	484	2.6848454
285	2.4548449	335	2.5250448	385	2.5854607	435	2.6384893	485	2.6857417
286	2.4563660	336	2.5263393	386	2.5865873	436	2.6394865	486	2.6866363
287	2.4578819	337	2.5276299	387	2.5877110	437	2.6404814	487	2.6875290
288	2.4593925	338	2.5289167	388	2.5888317	438	2.6414741	488	2.6884198
289	2.4608978	339	2.5301997	389	2.5899496	439	2.6424645	489	2.6893089
290	2.4623980	340	2.5314789	390	2.5910646	440	2.6434527	490	2.6901961
291	2.4638930	341	2.5327544	391	2.5921768	441	2.6444386	491	2.6910815
292	2.4653828	342	2.5340261	392	2.5932861	442	2.6454223	492	2.6919651
293	2.4668676	343	2.5352941	393	2.5943925	443	2.6464037	493	2.6928469
294	2.4683473	344	2.5365584	394	2.5954962	444	2.6473830	494	2.6937269
295	2.4698220	345	2.5378191	395	2.5965971	445	2.6483600	495	2.6946052
296	2.4712917	346	2.5390761	396	2.5976952	446	2.6493349	496	2.6954817
297	2.4727564	347	2.5403295	397	2.5987905	447	2.6503075	497	2.6963564
298	2.4742163	348	2.5415792	398	2.5998831	448	2.6512780	498	2.6972293
299	2.4756712	349	2.5428254	399	2.6009729	449	2.6522463	499	2.6981005
300	2.4771212	350	2.5440680	400	2.6020600	450	2.6532125	500	2.6989700

LIVRE SECOND,

Dans lequel on donne une idée générale du Pilotage, en traitant de la figure & de la grandeur de la Terre, de la construction & de l'usage de la Boussole, des Cartes Marines, &c.

1. NOUS nous proposons de donner dans ce second Livre une idée générale du Pilotage, & nous insisterons principalement pour cela sur la construction des Cartes Marines ou *Hydrographiques*, & sur tout ce qui a rapport à leur usage. L'art de naviguer ne consiste presque en rien autre chose de la part du Pilote. On est obligé en Mer, d'observer les Astres; on suppute, on fait différentes opérations; mais presque toutes se réduisent à déterminer le point où l'on est, & à le marquer sur la Carte qu'il faut consulter presque sans cesse. Les Plans que nous avons montré à lever dans le Livre précédent, ne représentent qu'un Port, ou un très-petit espace de mer ou de terrein; au lieu que les Cartes, proprement dites, ont plus d'étendue, elles représentent une partie considérable de Côte & de Mers. Un avantage qui les distingue encore beaucoup plus, c'est qu'elles assignent à chaque lieu sa place, non-seulement par rapport à la surface entiére de la Terre, mais aussi par rapport au Ciel; ce qui nous donne la facilité de diriger notre navigation par l'observation des Astres.

CHAPIRE PREMIER.

Des principaux points de la Terre, de sa figure & de sa grandeur.

I.

2. PLUSIEURS Observations très-faciles à faire nous apprennent que la Terre avec la masse des eaux qui l'environnent, forment un globe ou un corps parfaitement rond. Lorsque nous sommes sur le bord de la Mer en quelque pays que ce soit, notre vûe est toujours bornée par un cercle qui paroît faire la séparation de la Mer & du Ciel, & que nous nommons *Horison*. Il est vrai que si la Terre étoit plate, notre vûe seroit également terminée par un cercle dont nous occuperions le centre : mais la grandeur de ce cercle dépendroit alors de la bonté de nos yeux ; si notre vûe étoit plus longue, elle le porteroit plus loin : au lieu que le cercle que nous voyons autour de nous, ne dépend que de la rondeur de la Terre : lorsqu'un Vaisseau vient de la Mer ou *du Large*, nous ne découvrons d'abord que le haut de ses mâts, & nous nous servirions inutilement des meilleures lunettes pour découvrir le corps même du Navire. Il n'y a pour nous qu'un moyen de le voir, c'est de monter sur une haute tour ou sur quelque endroit très-élevé. Nous pouvons ensuite découvrir tout le Vaisseau ; parce qu'il cesse d'être caché par l'élévation que forme entre lui & nous la rondeur de la Mer.

3. Ce que nous venons de dire de l'étendue de l'Horison ou de ce cercle qui borne notre vûe, & qui paroît séparer la partie du Ciel que nous voyons, de celle que nous ne voyons pas, a lieu dans toutes les régions. Ainsi la Terre est ronde dans toutes ses parties ; & ce qui le con-

firme bien ſenſiblement, c'eſt ce que nous obſervons dans les Eclipſes de Lune. Nous voyons pendant ces Phénomènes, comme nous le dirons plus particuliérement dans la ſuite, l'ombre de la Terre tomber ſur la Lune ; & cette ombre nous paroît exactement ronde, malgré les différentes poſitions du Soleil, par rapport à nous, & les différens endroits de la Terre où nous pouvons nous trouver. Or il n'y a qu'un globe ou un corps rond dans tous les ſens, dont l'ombre puiſſe être ronde ou exactement circulaire, malgré ſes différentes ſituations par rapport au corps lumineux. Les montagnes qu'on voit en différens pays ne forment pas d'exception contre l'exacte rondeur de la Terre ; car quelque groſſes qu'elles ſoient, leur maſſe n'eſt preſque rien, lorſqu'on la compare à celle du globe entier. Ce ſont comme quelques grains de ſable qu'on mettroit à quelque diſtance les uns des autres ſur une groſſe boule de 9 ou 10 pieds de diamétre.

4. La figure ronde de la Terre eſt produite par l'effort à peu près égal que font toutes ſes parties par leur peſanteur pour s'approcher du point le plus bas qui eſt le centre. Cette tendance de toutes ſes parties vers le bas, a du rapport à l'union dont ſont capables les parties d'une goutte d'eau, ou de vif-argent, qui, en s'approchant les unes des autres, forment un tout qui eſt rond. Chaque partie de liqueur, en faiſant effort pour s'approcher de toutes celles qui lui ſont voiſines, pèſent, pour ainſi dire, vers le centre de la goutte ; & elles ſe contre-balancent réciproquement. La même choſe arrive aux eaux de l'Océan, & elles ſe trouvent ſenſiblement de niveau avec les Terres ou les Continens qui les environnent. Nous pouvons faire le tour de notre Globe, comme l'ont déja fait pluſieurs Voyageurs; parce que notre peſanteur qui eſt toujours agiſſante, nous attache à la Terre, & nous preſſe continuellement contre ſa ſurface, à peu près de la même maniére que des morceaux de fer s'attachent à un aiman. Nous nommons *Antipodes*, les Peuples qui ſont éloignés de nous de 180

degrez, ou de la demie-circonférence de la Terre. Nous avons les pieds à l'opposite les uns des autres; ils sont nos Antipodes, & nous sommes les leurs: ils ont le jour pendant que nous avons la nuit. Mais nous ne pouvons pas dire qu'ils sont en bas, & que nous sommes en haut: car nous sommes tous également éloignés du centre, qui est le point réellement le plus bas; & il n'y a ni haut ni bas, à parler absolument, sur la surface de la Terre.

I I.

Des Poles de la Terre, de l'Equateur terrestre, des Méridiens, &c.

(Voyez la Figure 37.)

5. La Terre étant ronde, & formant un globe ou une sphère, car ces deux mots signifient la même chose, nous rapportons à la Terre divers points du Ciel. C'est ce qu'on peut faire naturellement, puisque chaque point du Globe terrestre répond exactement sous un endroit déterminé de la surface des Cieux. On nomme *Poles* du Monde les deux points sur lesquels le Ciel paroît tourner d'Orient en Occident, ou du Levant au Couchant en 24 heures; & nous donnons le nom de Poles de la Terre ou de Poles terrestres, aux deux points de la Terre, qui sont immédiatement au-dessous, & qui sont à l'opposite l'un de l'autre. Il suffit de considérer le Ciel pendant une belle nuit pour s'appercevoir que toutes les étoiles tournent d'Orient en Occident, de même que le Soleil & la Lune. Le mouvement paroît se faire comme si c'étoient les Cieux qui entraînassent les Astres, en tournant à la maniére d'un Globe qui fait ses révolutions sur deux pivots opposés. Certaines étoiles décrivent de si petits cercles, qu'elles ne changent presque pas de place, parce qu'elles sont très-voisines des Poles. C'est ce qui arrive en particulier à une étoile que nous nommons *Polaire*, ou *Etoile du Nord*. On la dé-

couvre d'Europe ; & elle paroît pendant toute la nuit comme fixée dans le même endroit. Si le froid & les glaces permettoient d'aller jusqu'au Pole de la Terre le plus voisin de nous, on auroit cette Etoile exactement sur la tête. Figure 37.

6. On distingue les deux Poles terrestres l'un de l'autre, en nommant celui qui répond sous l'Etoile du Nord, le Pole *du Nord*, *Arctique*, *Septentrional* ou *Boréal*, & l'autre qui en est éloigné de 180 degrez de la Terre, ou de la moitié de la circonférence, le Pole *du Sud*, *Antarctique*, *Méridional* ou *Austral*. Ils reçoivent ces différens noms des deux Poles du Ciel sous lesquels ils répondent, ou des vents qui soufflent des points correspondans de l'Horison.

7. En même tems que les Etoiles qui sont très-voisines des deux Poles du Ciel, ne changent presque point de place, les Etoiles au contraire qui sont vers le milieu ou à la même distance d'un Pole que de l'autre, décrivent de très-grands cercles. L'endroit du plus grand mouvement se nomme *l'Equateur*, & on donne le même nom au cercle de la Terre qui répond au-dessous, & qui sépare le Globe terrestre en deux parties parfaitement égales, celle du Nord & celle du Sud. On connoît les endroits de la Terre par lesquels passe l'Equateur terrestre. Il passe par l'embouchure de la riviére des Amazones en Amérique, par l'Isle de Saint Thomas proche la côte d'Afrique, par les Isles de Bornéo & de Sumatra dans la Mer des Indes, par les Isles Gualapes dans la Mer Pacifique, &c. Tous ces lieux sont autant éloignés d'un Pole de la Terre que de l'autre ; & lorsqu'on s'y trouve on voit passer sur sa tête les Etoiles qui paroissent tourner avec le plus de rapidité, comme sont à peu près celles que le vulgaire nomme les *Trois Rois*.

8. On donne en général le nom de *Paralleles*, à tous les cercles que les Etoiles paroissent décrire en tournant autour des Poles ; parce que ces cercles sont réellement paralleles entr'eux, de même qu'à l'Equateur. On conçoit aussi sur la Terre une infinité de cercles qui ont leur centre comme à l'un & l'autre Pole, & qui sont paralleles à

Figure 37. l'Equateur, & on les nomme des Paralleles. Nous en avons marqué quelques-uns dans la *Fig.* 37, qui représente le Globe terrestre. Les points opposés *N* & *S* sont les deux Pôles qui sont éloignés l'un de l'autre de 180 degrez, ou de la moitié de la circonférence de la Terre. Le cercle *E A Q* est l'Equateur qui est éloigné des Pôles de 90 degrez, & qui coupe la Terre par la moitié, ou qui la partage en deux demi-Globes ou *Hémisphères*. Les paralleles à l'Equateur sont indiqués par *G H*, *B C*, &c. On doit remarquer que nous les représentons ici par des lignes droites, de même que l'Equateur, à cause de la difficulté qu'il y a de représenter une boule sur quelque chose de plat.

9. On voit dans la même Figure les lignes *Nord* & *Sud* *N E S*, *N T S*, *N A S*, &c. qui sont des cercles, ou plûtôt des demi-cercles qui s'étendent d'un Pole à l'autre, & qui coupent l'Equateur perpendiculairement. On les nomme *Méridiens*, parce qu'ils indiquent tous les lieux de la Terre, qui étant au Nord ou au Sud les uns des autres, ont Midy dans le même instant. Le Soleil, en tournant d'Orient en Occident, donne successivement le Midy à tous les lieux de la Terre. Lorsqu'il est parvenu au milieu de sa course par rapport au point *A*, par exemple, & qu'il y donne Midy, il se trouve aussi vis-à-vis de tous les autres points *L*, *M*, &c. placés exactement au Nord ou au Sud sur le même Méridien. Mais le cas est tout différent, si les lieux sont situés plus vers le Levant ou vers le Couchant les uns que les autres: ils auront différens Méridiens; & il est évident qu'il y sera aussi Midy plûtôt ou plus tard, selon que le Soleil aura plus ou moins de chemin à faire dans le Ciel pour parvenir des uns aux autres. La différence sera de 12 heures si les lieux sont Antipodes l'un de l'autre; l'un aura midy, lorsque l'autre aura minuit. Le quart de la circonférence de la Terre doit causer 6 heures de différence, & 15 degrez doivent donner une heure, puisqu'ils forment la 24e partie du tour de la Terre que le Soleil parcourt en 24 heures.

Des

Des cinq Zones.

10. « Le Soleil ne ſort jamais d'un certain eſpace du « Fig. 37.
Ciel, il fréquente les environs de l'Equateur. Bien loin «
qu'on l'ait vû avancer juſques vers les Etoiles qui ſont «
voiſines des Poles, il ne s'éloigne jamais du milieu du «
Ciel de plus de 23 ^d^. 28 minutes & demie du côté du «
Nord ou du côté du Sud. On donne le nom de *Tropiques* «
aux deux Paralleles qui ſervent de limites à cet écart, & «
au-delà deſquels le Soleil ne paſſe jamais. On imagine «
auſſi ſur la Terre deux Paralleles *B C* & *D F* qui ſont éloi- «
gnés de l'Equateur terreſtre de 23 ^{d}. 28½ ^{m}; & ces Paralle- «
les qu'on nomme *Tropiques terreſtres*, renferment entr'eux «
la partie de la ſurface de la Terre au-deſſus de laquelle le «
Soleil ſe trouve toujours. La chaleur doit être à peu près «
conſtante dans cet eſpace, à cauſe de la poſition conti- «
nuelle de l'Aſtre au-deſſus; & c'eſt pour cette raiſon «
qu'on le nomme la *Zone torride* ou *brûlée*. Cette Zone «
que quelques Anciens avoient regardée mal-à-propos «
comme inhabitable, forme une eſpéce de bande ou de «
ceinture autour de la Terre; elle a de largeur la diſtance «
B D ou *C F* d'un Tropique à l'autre, ou le double de 23 ^{d}. «
28½ ^{m}. c'eſt-à-dire 46 ^{d}. 57 ^{m}. «

11. Vers les Poles, c'eſt tout le contraire; les rayons «
du Soleil n'y frapent que très-obliquement, ou ne font «
preſque que razer la terre, & le froid doit y être exceſſif. «
Les Poles de la Terre ſont auſſi un peu plus éloignés du «
Soleil que ne le ſont les endroits de la Zone torride, au- «
deſſus deſquels cet Aſtre ſe trouve continuellement. «
Mais cette plus grande diſtance ne doit produire aucun «
effet ſenſible; car, malgré la groſſeur qu'a le Globe ter- «
reſtre à notre égard, on peut le comparer à un grain de «
ſable qui ſeroit éclairé par un flambeau ſitué à 40 ou 50 «
pieds de diſtance. Toutes les parties du grain de ſable ſe- «
roient ſenſiblement à la même diſtance du flambeau; «

I

Figure 37. » mais elles seroient exposées différemment à sa lumiére ; » & c'est aussi à cette seule diversité d'exposition qu'il faut » attribuer le plus ou le moins de chaleur que nous rece- » vons ordinairement du Soleil. Tous les environs des Po- » les sont situés d'une maniére peu avantageuse pour être » échauffés par cet Astre. C'est pourquoi on donne le nom » de *Zones froides* ou *glaciales* aux deux espaces qui ont » l'un & l'autre Pole pour centre, & qui sont renfermés » dans les Paralleles qui sont éloignés du Pole de 23 deg. » 28½ min. *GH* est un de ces Paralleles qu'on nomme *Cercle* » *polaire*, *arctique* ou *septentrional* ; & c'est dans son inté- » rieur qu'est la Zone glaciale septentrionale. Vers l'autre » extrémité de la Terre, il y a une autre Zone glaciale qui est » située autour du Pole méridional ou antarctique : elle est » de même grandeur que celle du Nord, & elle est renfer- » mée au-dedans du Parallele *IK*, ou du *Cercle polaire antar-* » *ctique.* Nous pouvons avancer assez considérablement » dans les Zones froides, mais le milieu nous en est absolu- » ment interdit jusqu'à une distance de plus de 150 ou 160 » lieues, à cause du trop grand froid : ce sont les seuls en- » droits de la Terre où les Voyageurs ne puissent pas aller.

12. » Enfin les espaces compris entre chaque Tropique » & le cercle polaire voisin, ou entre la Zone torride, & » l'une ou l'autre des Zones glaciales forment les deux *Zo-* » *nes tempérées.* Il y en a deux, parce que les deux moitiés » de la Terre de part & d'autre de l'Equateur, ou pour nous » expliquer autrement, les deux moitiés de la sphère ou » les deux hémisphères septentrional & méridional jouis- » sent de la même exposition à l'égard du Soleil. La pre- » miére de ces Zones qui est du côté du Nord, & dans la- » quelle la France est située, de même que la plus grande » partie de l'Europe, s'étend depuis *B C* jusqu'à *G H*, & la » seconde qui est du côté du Sud, s'étend depuis *D F* jus- » qu'à *IK*. Il est facile de trouver les largeurs qu'ont ces » deux Zones tempérées. Il suffit d'ôter deux fois 23 deg. » 28½ min. des 90 degrez qu'il y a depuis l'Equateur jusqu'à

chaque Pole : il restera 43 d. 3 m. pour la largeur de chacune. Figure 37.

III.

De la Latitude & de la Longitude ; & des changemens qu'elles reçoivent, lorsqu'on passe d'un lieu à un autre.

(Voyez les Figures 37 & 38.)

13. Il est facile de concevoir qu'un Observateur ne peut pas faire un pas sur la surface de la Terre, sans qu'il apperçoive quelque différence dans l'apparence du Ciel. C'est ce qui vient de la rondeur de la Terre, & de ce que chacun de ses points jouit, pour ainsi dire, d'un Ciel différent. On nomme *Latitude* d'un lieu, sa distance à l'Equateur terrestre, ou la quantité dont il est avancé dans la partie du Nord, ou dans la partie du Sud. Cette distance se mesure sur la surface du Globe par le plus court chemin, & par conséquent sur le Méridien qui passe par le lieu, & qui est toujours perpendiculaire à l'Equateur. Si le lieu est sur l'Equateur, il n'a point de latitude ; & si au contraire on pouvoit aller jusqu'au Pole, on en auroit 90 degrez & la plus grande de toutes les latitudes. Tous les lieux qui sont sur un même Parallele, ont exactement la même, parce qu'ils sont également éloignés de l'Equateur. On distingue les Latitudes en Septentrionale & en Méridionale, ou en Nord & Sud, selon que le lieu dont il s'agit, est dans la partie du Nord ou dans la partie du Sud, dans un Hémisphère ou dans l'autre.

14. Nous avons des moyens pour déterminer notre changement de Latitude en Mer, qui sont d'une application tout-à-fait simple. Nous nommons *Zénith* le point le plus haut du Ciel, ou le point qui répond exactement sur notre tête, & *Nadir* le point qui est à l'opposite sous nos pieds. Mais pour peu que nous marchions, ces deux points

Fig. 37 & 38. changent de place de même que notre Horiſon. Si nous avançons vers le Nord, notre Horiſon s'abaiſſe du même côté, & s'éléve de l'autre. Le point le plus haut du Ciel ou notre Zénith, avance en même tems vers les Etoiles qui ſont voiſines du Pole arctique, & s'éloigne du Soleil & des Etoiles qui ſont proche de l'Equateur. Si nous faiſions tout le tour de la Terre ou ſes 360 degrez, notre Zénith parcourroit auſſi toute la circonférence du Ciel ou ſes 360 degrez. Ainſi nous pouvons juger en Mer de notre progrès vers l'Equateur ou vers le Pole, ou de notre changement en latitude, par le changement de ſituations que reçoivent les Aſtres à l'égard de notre Zénith. Il nous ſuffit, pour remarquer ce changement, de faire des opérations ſemblables à celles que nous avons décrites dans le Livre premier N° 94 & ſuiv. ou de nous ſervir d'inſtrumens équivalens à celui que nous avons repréſenté dans la *Fig.* 3, mais qui ſoient moins imparfaits.

15. Nous venons de dire que le Ciel change d'apparence pour nous, auſſi-tôt que nous changeons de place. Dans la *Figure* 38 le grand cercle *HZOQ* repréſente le Ciel; & le petit qui eſt au-dedans, tient lieu de la Terre. Les deux Poles du Monde ou du Ciel ſont marqués par les points *N* & *S*, qui ſont à l'oppoſite l'un de l'autre. La ligne *EQ* repréſente l'Equateur du Ciel, & *BC* eſt l'Equateur de la Terre. La diſtance *AB* eſt donc la latitude de l'Obſervateur *A*, & elle eſt égale en degrez à la diſtance du Zénith *Z* à l'Equateur du Ciel: il y a exactement le même nombre de degrez de la Terre depuis *A* juſqu'en *B*, que de degrez du Ciel depuis *Z* juſqu'en *E*. La latitude eſt encore égale à la quantité dont le Pole *N* eſt élevé au-deſſus de l'Horiſon. Si l'Obſervateur *A* avance vers l'Equateur de la Terre, ſon Zénith avancera du même nombre de degrez vers l'Equateur du Ciel, & s'y rendra exactement, ſuppoſé que l'Obſervateur continue ſa route juſqu'à l'Equateur. L'Horiſon *HO* changera de place en même tems, & prendra la ſituation *SN*. Cet Horiſon ſitué en *NS* ne fera pas

Horiſon pour nous, mais il le ſera pour l'Obſervateur arrivé en B: il ſéparera exactement pour lui la partie ſupérieure du Ciel, de la partie inférieure. Fig. 37. & 38.

16. Il ſuit de-là que nous avons deux méthodes de déterminer la latitude d'un lieu, parce que nous pouvons obſerver dans le Ciel deux quantités qui y ſont exactement égales en nombre de degrez. Nous pouvons chercher la diſtance de notre Zénith à l'Equateur céleſte, ou bien la quantité dont le Pole eſt élevé au-deſſus de l'Horiſon. Nous ne réuſſirons pas à trouver ces quantités immédiatement: mais, comme nous le montrerons dans le Livre ſuivant, nous trouverons la diſtance du Zénith à quelque Aſtre dont nous connoîtrons toujours la ſituation par rapport à l'Equateur ou au Pole. Lorſque je cherchois à Sainte Marthe dans l'Amérique, le 30 Octobre 1743, la quantité dont le Soleil étoit éloigné de mon Zénith, ou du point le plus haut du Ciel, cet Aſtre étoit de l'autre côté de l'Equateur de 13 d. 50 m. Ainſi la diſtance que je trouvai, étoit trop grande; & je dus retrancher 13 d. 50 m. des 25 d. 14 m. que me donna l'obſervation; ce qui apprend que la latitude de Sainte Marthe eſt de 11 d. 24 m. ou que ce Port eſt éloigné de l'Equateur terreſtre de cette quantité du côté du Nord.

17. Notre latitude étant connue, c'en eſt ſouvent aſſez pour que nous puiſſions reconnoître ſur la Carte, lorſque nous ſommes en Mer, les côtes vis-à-vis deſquelles nous nous trouvons. On voit aux deux côtés des Cartes Marines des Echelles qui ſont dirigées Nord & Sud, & qui ſont deſtinées à marquer les latitudes. Ces Echelles ne commencent pas toujours à l'Equateur, parce que la Carte n'eſt pas aſſez grande; l'Equateur eſt en dehors, mais les degrez de latitude ſont toujours cenſés y commencer. Si on jette les yeux ſur notre ſeconde Carte, ou ſur celle qui repréſente une partie des côtes de France & d'Eſpagne, on verra 43 d. marqués au bas de l'Echelle, parce que l'Equateur eſt 43 d. en dehors de la Carte ou de la partie de la ſurface de la

Fig. 37. & 38. Terre dont cette Carte eſt un tableau. Les degrez qui ſont diviſés de 10 minutes en 10 minutes dans cette Carte, puiſqu'ils ſont partagés en 6 parties égales, ſont marqués dans un certain ſens, & en allant vers le Nord; parce que les latitudes ou les diſtances à l'Equateur deviennent plus grandes dans l'Hémiſphère ſeptentrional, à meſure qu'on avance vers le Nord. Mais pour revenir à ce que nous diſions, que la latitude ſuffit ſouvent ſeule pour nous faire connoître quelle eſt la côte où nous abordons, il eſt évident que ſi l'obſervation des Aſtres nous apprend, au retour d'un voyage, que nous ſommes par 47^{d}. 10^{m}. de latitude, & que nous voyons une Iſle devant nous à l'Orient, nous ne pouvons pas nous y tromper. La Carte nous fait connoître que nous ne ſommes pas auprès des côtes d'Eſpagne, ni même auprès de celles de Poitou; car elles ſont plus voiſines de l'Equateur. Nous ne ſommes pas à portée non plus de voir Oüeſſant ni les environs de Breſt; la Terre que nous voyons eſt néceſſairement Belle-iſle.

De la Longitude des Lieux ſur le Globe Terreſtre.

18. Pendant que l'obſervation de la Latitude nous fait connoître la quantité dont nous ſommes avancés vers le Nord ou vers le Sud par rapport à l'Equateur, la *Longitude* détermine notre ſituation plus ou moins avancée vers l'Orient ou vers l'Occident. Chaque Nation a ordinairement choiſi un Méridien qu'elle regarde comme le premier; elle y rapporte tous les autres; & on nomme *Longitude*, la diſtance où l'on eſt de ce Méridien, en meſurant cette diſtance ſur l'Equateur, ou ſur la circonférence de quelque Parallele. Nous nous conformons à une Ordonnance de Louis XIII, & nous faiſons paſſer notre premier Méridien par l'Iſle-de-fer qui eſt la plus occidentale des Canaries. Nous l'avons marqué par *N A S* dans la *Figure* 37, & nous avons obſervé la même loi dans nos Cartes. On s'en écarte néan-

moins assez souvent aujourd'hui : on trouve beaucoup de Cartes Françoises où le premier Méridien passe par l'Observatoire Royal de Paris. Les Hollandois font passer leur premier Méridien par le Pic de Ténériffe, une des plus hautes montagnes du monde. Cela est absolument indifférent, pourvû que cette multitude de premiers Méridiens ne fassent tomber les Pilotes dans aucune équivoque. Figure 37.

19. L'usage varie encore sur la maniére de compter la Longitude. Il faut toujours la compter d'Occident vers l'Orient, depuis o degré jusqu'à 360 degrez, selon la disposition de Louis XIII. Ainsi, supposé qu'on soit un degré de l'autre côté du premier Méridien ou à l'Occident, on ne sera pas par un degré de longitude, mais par 359 degrez ; parce qu'on commence la longitude au premier Méridien, qui n'est qu'un demi-cercle, & qu'on la compte en allant toujours vers l'Orient, sans aucun égard au sens dans lequel s'est fait la route. Cette maniére de compter est la plus généralement suivie en France.

20. Cependant plusieurs Hydrographes François, ou Auteurs de Cartes, distinguent deux sortes de Longitudes, l'une Orientale & l'autre Occidentale, & ils les comptent de l'un & de l'autre côté du premier Méridien jusqu'à 180 degrez : on sent assez que le tout revient au même, pourvû qu'on s'explique. C'est comme si l'on comptoit les heures de la journée autrement que nous ne le faisons ; mais qu'on eût soin de nous en avertir : 1 deg. de longitude occidentale est la même chose que 359 degrez selon l'autre maniére de compter : 15 degrez de longitude occidentale reviennent à 345 degrez ; ils indiquent également le Méridien *NTXS* sur la *Figure* 37, & ils supposent également une heure de différence dans les Midys.

21. On doit bien remarquer que lorsqu'on court exactement au Nord ou au Sud, ou que lorsqu'on suit le même Méridien, on conserve toujours précisément la même longitude. La distance au premier Méridien se mesure sur l'Equateur ou sur les Paralleles, & les degrez des Paralleles sont

Figure 37. plus petits dans le même rapport que les intervalles entre les mêmes Méridiens sont moindres, à mesure qu'on les considére dans des endroits plus voisins du Pole. Il y a autant de degrez depuis *M* jusqu'en *R*, que depuis *L* jusqu'en *Q*, ou depuis *A* jusqu'au point marqué par le nombre 15 sur l'Equateur. Ainsi tous les lieux qui sont sur le Méridien ou sur la même ligne Nord & Sud *NQPS*, ont exactement 15 degrez de longitude. Tous les points du Méridien *NVS* en ont 75 &c.

22. Il suit de-là que, lorsqu'on est fort avancé vers l'un ou l'autre Pole, il suffit de faire très-peu de chemin pour changer considérablement de Méridiens ou de longitude, & pour qu'on ait une très-grande différence dans l'heure de midy. Quelque grosseur qu'ait la Terre, il doit y avoir des endroits où, en faisant seulement une lieue vers l'Orient ou vers l'Occident, on change de 15 degrez de longitude; ce qui donne midy une heure entiére plûtôt ou plus tard. Pour qu'une lieue vale 15 degrez, il faut que toute la circonférence du Parallele ne soit que de 24 lieues; le diamétre ne doit pas être tout-à-fait de 8 lieues, & il faut que la distance au Pole soit un peu moindre que 4.

23. « Il n'est pas aussi facile lorsqu'on navigue en pleine » Mer, de déterminer la quantité dont on a avancé vers » l'Orient ou vers l'Occident, ou le changement en longitude, que de découvrir le progrès vers le Nord ou vers » le Sud, ou le changement en latitude. On a des méthodes sûres qu'on peut employer sur un Vaisseau pour déterminer exactement l'instant de midy, & assigner toutes » les autres heures; mais il faudroit sçavoir en même tems » l'heure qu'il est dans le lieu dont on est parti, & on l'ignore. L'agitation de la Mer empêche qu'on puisse avoir » dans le Vaisseau aucune Horloge exacte, qui, réglée une » fois, conserve, comme en dépôt, l'heure qu'il est dans le » lieu dont on s'éloigne. Supposons que nous partions du » point *X* (*Fig.* 37.) & qu'ayant fait 30 degrez vers l'Orient, » nous arrivions en *P*, après plusieurs semaines de naviga-

» tion;

-tion ; il eſt certain que ſi, obſervant l'heure qu'il eſt dans « Figure 37.
le point P, nous trouvons qu'il eſt cinq heures du ſoir, « il ne ſera que 3 heures dans le point X, parce que le Soleil ſera moins avancé de deux heures par rapport à ce ſecond point que par rapport à l'autre. Mais pour qu'on ſçût qu'il y a effectivement deux heures de différence entre les deux Méridiens NXS & NPS, il faudroit avoir une Horloge aſſez bonne pour qu'elle ne ſe fût pas dérangée pendant toute la route XP ; & c'eſt à quoi l'art de l'Horlogerie, quelque parfait qu'il ſoit, n'eſt pas encore parvenu. Il ne faut pas ſe flatter d'un meilleur ſuccès ſi la route eſt très-courte, parce que ſi le dérangement qu'on doit craindre de la part des Horloges, eſt très-petit pendant deux ou trois jours, la différence des Méridiens ſera auſſi alors très-petite, & l'erreur ſera toujours la même à proportion. Elle ſera même peut-être aſſez grande, pour tromper non-ſeulement ſur la quantité du chemin, mais auſſi ſur le ſens dans lequel on l'aura faite.

24. Si les Eclipſes de Lune étoient plus fréquentes, ou « ſi on pouvoit ſe ſervir ſur les Navires d'aſſez longues lunettes pour obſerver les Eclipſes que ſouffrent auſſi quatre petites Lunes qui tournent continuellement autour d'une Planete nommée Jupiter, nous déterminerions fort aiſément la longitude en Mer. La Lune n'a pas de lumiére propre, & elle perd celle qu'elle nous paroît avoir, lorſqu'elle ceſſe d'être éclairée par le Soleil, parce que la Terre ſe trouve entre deux. Cette perte de lumiére doit arriver dans le même inſtant pour tous ceux qui voyoient la Lune : mais les Obſervateurs qui n'étoient pas ſur le même Méridien, ou ſur la même ligne Nord & Sud, ne comptent pas la même heure dans ce même inſtant ; & la différence des heures doit indiquer la différence des Méridiens. On obſervera l'Eclipſe dans un endroit à 1^h. du matin, & dans un autre lieu ſitué plus à l'Orient, à 2^h. 3^h. &c. parce que toutes les heures y ſeront plus avancées. Ainſi les Eclipſes de Lune ſervent comme de ſi-

Figure. 37. » gnaux, & elles présentent des occasions favorables pour
» comparer les heures qu'il est dans différens pays. Heu-
» reusement nous pouvons prédire l'instant précis de ces
» Phénomènes pour un lieu déterminé. Nous sçavons, par
» exemple, qu'il doit arriver une Eclipse totale de Lune
» le 7 Avril 1754, qui commencera, lorsqu'il sera à Brest
» 6 h. 2 m. du matin. Supposé donc qu'un Navire allant à
» l'Amérique, on observât en pleine Mer cette même
» Eclipse, & qu'elle commençât à 4 h. 2 m, ce seroit une
» marque qu'on auroit changé de Méridiens de 2 h. ou de
» 30 deg. Brest est par 13 d. $3\frac{1}{2}$ m, de longitude par rapport
» à l'Isle-de-fer: ainsi le Navire dont il s'agit, auroit passé
» le premier Méridien de 16 d. $56\frac{1}{2}$ m. en singlant vers l'Oc-
» cident, & il seroit arrivé par 343 d, $3\frac{1}{2}$ m. de longitude, se-
» lon la maniére la plus ordinaire de compter.

25. » Les Eclipses du Soleil ne donnent pas aussi aisé-
» ment la différence des longitudes. Elles arrivent lorsque
» la Lune passe devant le Soleil, & qu'elle nous le cou-
» vre; mais la Lune peut nous cacher le Soleil, & ne pas
» le cacher aux autres Observateurs qui sont à une certaine
» distance de nous. Les Eclipses du Soleil ne se font donc
» pas dans le même instant pour tous les Peuples : outre la
» différence des Méridiens, il y a une différence réelle dans
» le Phénomène, qui est produite par la différente situa-
» tion des Observateurs. »

IV.

De la grandeur des Degrez terrestres & de la grosseur de la Terre.

26. On a sans doute remarqué que les moyens dont nous venons de donner une idée générale pour découvrir les changemens en latitude & en longitude, ne les fournissent toujours qu'en degrez, ou relativement à la circonférence de toute la Terre. Nous sçavons, par exemple, en consultant le Ciel, que nous sommes par 45 degrez de

latitude ; ces 45 degrez forment la huitiéme partie du tour de la Terre : mais nous ne sçavons rien de plus ; nous ignorons combien de lieues valent ces degrez, parce que nous ne sçavons pas quelle est la grosseur de la Terre. Ainsi, quoique nous sçachions notre latitude, nous ignorons combien nous avons réellement de chemin à faire pour nous rendre à l'Equateur, ou pour aller jusqu'au Pole. Fig. 37. & 38.

27. C'est ce que les Anciens qui ont tâché de mesurer la Terre, paroissent avoir parfaitement senti. Eratosthenes qui vivoit environ 250 ans avant J. C. est le premier qui s'occupa de cette recherche; mais ses essais, quoiqu'heureux à certains égards, n'empêchent pas qu'il ne fût réservé à l'Académie Royale des Sciences d'achever cette entreprise, ou plûtôt de faire tout dans cette matiére importante. Cette Compagnie a fait mesurer les degrez de la Terre en trois endroits différens & fort éloignés les uns des autres. Elle envoya pour cela plusieurs de ses Membres en 1735. aux environs de l'Equateur, d'autres se rendirent en 1737. au Cercle-Polaire-Arctique, & une troisiéme Troupe travailloit en même tems en France à de semblables opérations. J'ai eu une assez grande part à celles qui ont été faites sous l'Equateur dans le Pérou aux environs de Quito. Nous ne nous contentâmes pas d'y mesurer un degré, nous en mesurâmes trois pour une plus grande exactitude.

28. « Les Etoiles, qu'on nomme vulgairement les trois « Rois, répondoient sur notre tête; nous nous attachâmes « à observer combien celle du milieu étoit éloignée de no- « tre Zénith aux deux extrémités d'un espace de plus de 60 « lieues, qui étoit Nord & Sud, & que nous choisîmes dans « cette longue chaîne de montagnes qu'on connoît sous le « nom de Cordélière. Nous mesurâmes actuellement deux « bases, longues chacune d'environ 2 lieues, & le reste fut « conclu par des triangles. Toute la longueur réduite au ni- « veau de la Mer & à la direction du Méridien, se trouva « de 176892 toises du Châtelet de Paris. L'Etoile répondoit « presque sur le milieu de cet espace; ainsi on cessoit de l'a- «

Fig. 37. & 38. » voir au Zénith lorsqu'on alloit à une des deux extrémités. » Elle pouvoit donc servir comme de point fixe ; & il n'é» toit question que de mesurer par les moyens dont j'ai déja » dit un mot, combien elle étoit éloignée de chaque Zé» nith. Ajoûtant ensuite les deux distances ensemble, on dé» couvroit la distance d'un Zénith à l'autre, ou la grandeur » de l'arc céleste qui répondoit au-dessus des 176892 toi» ses. Si je m'en rapporte à mes propres observations, l'arc » se trouva de 3 ^{d}. 7 ^{m}. 2″, & si on cherche à proportion la » longueur du degré, il est de 56748 toises.

29. » Mais ce qui est bien digne d'attention, les degrez » terrestres ne se sont pas trouvés de même longueur dans » les autres Régions où on a fait des opérations semblables, » & la différence est trop grande pour qu'on puisse l'attribuer » aux erreurs inévitables des observations. Le degré sous le » cercle polaire s'est trouvé de 57422 toises. Ainsi il faut » absolument que la Terre ne soit pas parfaitement ronde, » & qu'elle soit plus haute vers l'Equateur que vers les Po» les, conformément à ce que nous indiquent d'autres expé» riences dont il n'est pas nécessaire de parler ici. La cour» bure de la Terre est plus subite vers l'Equateur dans le » sens Nord & Sud ; puisque les degrez y sont plus petits : » & la Terre est au contraire plus plate vers les Poles, puis» que les degrez y sont plus grands. On croyoit que l'Equa» teur n'étoit distingué que par la plus grande rapidité du » mouvement qui se fait en 24 heures ; mais il est marqué » d'une maniére bien plus réelle par une élévation con» tinue, qui doit être d'environ 6 lieues marines & de» mie, tout autour de la Terre, & par-tout à une égale » distance des deux Poles. On donne le nom d'*Axe* à la » ligne droite tirée d'un Pole à l'autre par l'intérieur de la » Terre ; & cet Axe est plus court que les diamétres de » l'Equateur d'environ une 179e partie.

30. » Au reste cette différence n'est pas encore assez gran» de, pour qu'on puisse l'appercevoir dans les Eclipses de » Lune, lorsqu'on examine sur cette Planete la figure circu-

laire de l'ombre de notre Globe. On peut-aussi se dispen- « Fig. 37. & 38.
ser d'y avoir égard dans la Marine, & continuer à consi- «
dérer la Terre comme un Globe parfait. Il est seulement «
à propos, puisque les degrez du Méridien sont de gran- «
deurs un peu différentes, de leur attribuer, lorsqu'on les «
suppose égaux, non pas la plus grande longueur qu'ils «
ont vers les Poles, ni la plus petite qu'ils ont vers l'E- «
quateur; mais celle qui tient un milieu. On peut s'arrê- «
ter à celle qu'ils ont vers le 45[me] degré de latitude, & «
les fixer à 57000 toises. »

31. Cela supposé, nous pouvons régler aisément la longueur de la lieue marine, en la rendant une certaine partie du degré. Il vaut incomparablement mieux prendre ce parti, que de donner d'abord au hazard une certaine grandeur à la lieue, & voir ensuite combien elle est contenue de fois dans les 57000 toises du degré. On veut en France que le degré contienne exactement 20 lieues. Ainsi nous n'avons qu'à diviser 57000 toises par 20, & nous aurons 2850 toises du Châtelet de Paris pour la lieue marine françoise. Cette lieue est plus grande que la plûpart de celles dont on se sert dans les différentes Provinces du Royaume, & elle est aussi plus longue que la lieue horaire que fait ordinairement un homme de pied pendant une heure. Les Hollandois mettent 15 lieues dans le degré terrestre; ainsi chacune de ces derniéres lieues sera de 3800 toises. Les Italiens se servent de milles, qui étoient censés de 1000 pas géométriques ou pas doubles, qui sont chacun de 5 pieds; & ils supposoient que 60 de ces milles faisoient un degré. Cette maniére d'évaluer les distances est fort commode : Le mille d'Italie doit valoir une minute de degré terrestre, ou un tiers de nos lieues marines; mais il faut donc nécessairement en changer la longueur, & l'augmenter d'environ une 7[me] partie. En effet 1000 pas géométriques, ou 5000 pieds de Roy ne répondent qu'à 833 toises un tiers; au lieu qu'il faut donner 950 toises au mille, pour le rendre égal à nos tiers de lieue ou-

Fig. 37.& 38. aux minutes des degrez des Méridiens ou de l'Equateur, que nous considérons comme égaux.

32. « La grandeur de la circonférence de la Terre » supposée ronde, se déduit par une simple multiplica» tion. Le degré est la 360me partie de la circonférence de » la Terre, pendant que chaque degré contient 20 lieues. » On aura donc 7200 lieues pour le circuit de la Terre. » Cette détermination n'a rien de vague, puisqu'il s'agit » ici de lieues dont nous connoissons parfaitement la lon» gueur. Archimede a trouvé que, lorsque la circonféren» ce d'un cercle est de 22 parties, le diamétre est de 7. On » peut fonder sur cela une proportion ou régle de Trois, » qui donnera le diamétre de la Terre. 22 est à 7, comme » 7200 lieues de circonférence de la Terre est à un quatrié» me terme. Métius a exprimé beaucoup plus exactement » le rapport du diamétre du cercle à la circonférence, par » des nombres qui sont très-faciles à retenir : ces nombres » sont 113 & 355. Ainsi nous n'avons qu'à faire cette autre » proportion : 355 est à 113, comme 7200 lieues de la cir» conférence de la Terre est à 2320* lieues pour le diamétre. » Prenant la moitié de ce dernier nombre, on aura 1160 » lieues pour le rayon ou pour la distance d'ici au centre. »

*Lisez 2292 lieuës pour le diametre. et 1146 lieuës pour le rayon

33. Enfin nous pouvons maintenant nous servir des Echelles des degrez, qui sont tracées dans les Cartes, comme si elles marquoient des lieues; & il nous sera facile avec un compas de mesurer toutes les distances. On aura autant de fois 20 lieues qu'on aura de degrez : 30 minutes marqueront la longueur de 10 lieues, & 3 minutes celle d'une lieue. Il faut seulement bien se souvenir que ce sont les degrez des Méridiens ou de l'Equateur, qui ont cette longueur déterminée, & non pas les degrez des Paralleles, puisque ceux-ci sont plus petits dans toutes sortes de rapports, lorsqu'on avance vers les Poles. Nos Cartes sont destinées, principalement lorsque nous avons singlé un certain nombre de lieues vers un certain côté, à nous montrer en quel endroit nous sommes parvenus. Si l'on est

parti, par exemple, des environs de Dieppe, & qu'on ait fait 75 lieues précisément à l'Occident, on apprendra par la Carte de la Manche * qu'on est arrivé vers le Cap Lezard, qui est la pointe de l'Angleterre, la plus avancée vers le Sud. Mais il nous faut donc expliquer deux choses. 1o. Comment on peut déterminer en Mer la direction précise de la route qu'on a faite; & 2° comment le Pilote peut sçavoir le nombre de lieues qu'il a courues.

Fig. 37. & 38.

* Voy. la premiere des Cartes qui sont à la fin de ce Traité.

CHAPITRE II.

De la Construction de la Boussole & de son usage, pour reconnoître la direction que suit le Vaisseau.

I.

De la Pierre d'Aimant, & de la manière de toucher les Aiguilles.

(Voyez les Figures 39. 41. & 42.)

34. L'INVENTION de la Boussole a changé la face de la Navigation, & l'a rendu très-différente de celle des Anciens qui n'osoient guéres se hazarder en pleine Mer, ni s'exposer à perdre la terre de vûe. On peut juger par les noms que conservent encore certaines parties de cet instrument, & par d'autres particularités, comme par la fleur de lys qui marque le Nord, que la Boussole étoit d'abord très-imparfaite, & que plusieurs Nations ont contribué à la perfectionner. Sa principale partie est une aiguille d'acier qu'on frotte, ou qu'on *touche* à une pierre d'aimant; ce qui lui donne la propriété singuliére de se diriger vers le Nord & vers le Sud, ou d'indiquer la direction du Méridien. Lorsqu'on suspend la pierre d'aimant, ou

Fig. 39. 41. & 42. qu'on la fait floter librement ſur l'eau dans quelque vaſe; on s'apperçoit qu'elle a la même propriété; elle tourne juſqu'à ce que deux de ſes points ſe préſentent, l'un au Nord & l'autre au Sud.

35. « Ce n'eſt pas ici le lieu de tâcher d'expliquer cet » effet : nous nous bornerons à dire qu'on peut ſoupçon- » ner qu'il y a un torrent de matiére inviſible & très-ſub- » tile qui circule continuellement d'un Pole de la Terre à » l'autre dans l'intérieur du Globe & à ſa ſurface, en for- » mant une eſpéce de tourbillon ; & que cette matiére, en » traverſant l'aimant & les aiguilles qui ont été frotées à » cette pierre, a aſſez de force pour les obliger de ſe met- » tre dans la ligne du mouvement qu'elle ſuit. La Terre » elle-même eſt comme un gros aimant; ce tourbillon » qu'elle a, les pierres d'aimant l'ont auſſi ; ce qu'on re- » marque par l'arrangement que prend la limaille de fer » dont on l'environne, quand on veut en faire l'expé- » rience.

» 36. On donne le nom de Poles aux deux points op- » poſés de l'aimant, qui affectent de ſe tourner vers le Nord » & vers le Sud. Le Pole Nord d'un aimant attire le Pole » Sud d'une autre pierre, & il repouſſe le Pole Nord. Si on » a pluſieurs aimans, & qu'on les mette de ſuite, ils s'at- » tacheront toujours par les Poles de différens noms, ou par » ceux qui tendent à ſe diriger par rapport à la Terre vers » des côtés oppoſés. On augmente beaucoup la force de » ces deux points par le moyen de l'armure qu'on y joint. » Ce ſont deux platines d'acier qui enveloppent en partie » les deux extrémités de la pierre, & qui ſe terminent en » bas par des eſpéces de boutons. La matiére ſubtile ou » magnétique qui circule autour de la Terre & dans l'ai- » mant, s'y porte naturellement en y coulant comme dans » deux canaux; & ſouvent la force en devient 50 ou 60 fois » plus grande.

Fig. 39. » 37. La *Figure 39* repréſente une de ces pierres, qui » eſt armée. Pour diſtinguer les Poles *A* & *B* de tous les

» autres

autres points, on applique ſur l'aimant un petit tronçon « Fig. 39. 40. & 41.
d'aiguille à coudre. Ce morceau d'aiguille ſe met paral- «
lelement à la ſurface de la pierre, ou bien il s'incline, «
tant qu'on ne l'applique pas à l'un ou à l'autre Pole; mais «
ſi on le poſe ſur un de ces deux points, il s'éleve perpen- «
diculairement. Les deux armures doivent être de bon «
acier; on les attache à l'aimant par une eſpéce de cein- «
ture *AB*, qui fait le tour de la pierre, & qu'on peut faire «
de toute ſorte de métal, pourvû que ce ne ſoit pas de fer. «
Si on ſe ſervoit de fer ou d'acier, la matiére ſubtile ou «
magnétique qui entre dans l'aimant & qui en ſort, ne «
paſſeroit preſque plus par les boutons *D* & *F*; elle s'en «
détourneroit pour circuler continuellement dans la cein- «
ture même. «

38. La forme des aiguilles qu'on veut aimanter, & «
qui doivent indiquer aux Marins le Nord & le Sud, n'eſt «
point indifférente. On les fait encore quelquefois en pa- «
rallelograme, ou en lozange de tole qu'on évide par le «
milieu, comme le repréſente la *Figure* 40, ou bien on «
forme ce lozange avec du fil de fer. Cependant la ma- «
tiére ſubtile ou magnétique qui circule d'un Pole à l'au- «
tre de la Terre, ne peut pas ſuivre les côtés de ces figu- «
res, ſans s'écarter de ſa direction naturelle; ce qui fait «
que ces aiguilles ont peu de vivacité ou peu de vertu. «
Outre cela la direction du lozange dépend de l'équili- «
bre qui ſe trouve entre les efforts particuliers que font «
les quatre côtés pour ſe mettre Nord & Sud, & cet équi- «
libre ſe trouve altéré, lorſqu'un des côtés ſe roüille, «
pendant que les autres conſervent toute leur propriété. «
L'aiguille, pour être bonne, doit être toute ſimple. On «
la fait longue de 4 ou 5 pouces, elle doit ſe terminer «
en pointes par ſes deux extrémités comme dans la *Figure* «
41; on lui donne une demie ligne ou trois quarts de li- «
gne d'épaiſſeur, & deux ou trois lignes de largeur par le «
milieu, afin d'y pouvoir appliquer la chape *C*. Lorſqu'on «
a une forte pierre d'aimant, on peut rendre les aiguilles «

Fig. 41. & 42. » qu'on y touche plus épaisses & moins pointues. La cha-
» pe *C* est un petit morceau de laiton ou d'agathe creusé
» par-dessous. L'aiguille est percée dans ce même endroit ;
» & le pivot sur lequel pose la chape, soutient l'aiguille, &
» lui donne la liberté de tourner.

II.

Méthode de toucher ou d'aimanter les aiguilles de Boussole.

39. » On aimante plus parfaitement l'aiguille, ou on » la touche mieux, lorsqu'on a deux bons aimans. Après » qu'on a bien limé & poli l'aiguille, on la pose sur une » table ; on applique le bouton de l'armure d'un des ai- » mans proche le milieu, on le fait glisser vers la pointe » de l'aiguille, en appuyant un peu fortement, & on fait » la même chose en même tems de l'autre côté avec l'au- » tre aimant, en se servant de l'autre Pole. On peut se » servir aussi d'une seule pierre ; & c'est même la maniére » qui est le plus en usage. On supplée aux aimans naturels » par des aimans artificiels ; ce sont quelquefois de sim- » ples morceaux d'acier bien trempé, qu'on a fortement » aimantés, & on s'en sert comme d'aimans. C'est tou- » jours le Pole qui se tourne vers le Sud, qui sert à ai- » manter l'extrémité de l'aiguille qu'on destine à marquer » le Nord ; & l'autre Pole sert à aimanter l'autre extrémité.

40. » La maniére de faire les aimans artificiels, vient » d'être extrêmement perfectionnée en Angleterre & en » France ; & il semble que les Pilotes qui font de longs » voyages, devroient maintenant se munir de ces aimans » qui coûtent si peu. Il seroit bon d'en avoir quatre qu'on » conservât dans deux étuis différens qui en continssent » chacun deux : ces aimans sont des barres d'acier bien » trempé, longues chacune de 9 ou 10 pouces, sur 4 ou 5 » lignes de largeur, & 2 ou 3 lignes d'épaisseur. On les » met à côté l'une de l'autre en sens contraire, comme *NS*

& *SN* (*Fig.* 42) en les séparant par un morceau de bois « Figure 42.
qu'on met entre deux, afin qu'elles ne se touchent ja- «
mais par les côtés, & on applique outre cela deux mor- «
ceaux *AB* & *CD* d'un fer doux & non trempé sur leurs «
deux extrémités, afin de procurer la communication de «
la matiére magnétique. Ces aimans doivent être arran- «
gés de cette sorte dans leur étui; ils conservent par cette «
disposition incomparablement mieux leur force, parce «
que la matiére invisible dont dépend leur vertu, a en- «
suite un cours réglé qui la fait continuellement passer «
d'une barre *NS* à l'autre *SN*, par la voie que fournis- «
sent les deux *Contacts AB* & *CD*; ce qui l'empêche de «
se dissiper en se mêlant avec celle qui circule autour de «
la Terre. «

41. L'avantage qu'il y auroit à avoir encore deux au- «
tres barres semblables, renfermées dans un second étui, «
comme nous le conseille M. Du Hamel, consiste en ce «
qu'on se serviroit des unes pour renouveller réciproque- «
ment la vertu des autres, ou pour les abreuver, pour «
ainsi dire, d'une plus grande quantité de matiére ma- «
gnétique. * On en disposeroit deux sur une table préci- «
sément comme elles étoient placées dans leur étui; en «
joignant aussi les deux petits morceaux de fer doux aux «
extrémités pour achever le rectangle: on prendroit en- «
suite les deux autres barres; on les appuyeroit par le «
bout vers le milieu d'une des barres *NS*, en les incli- «
nant presque tout-à-fait en-dehors, & on les feroit glis- «
ser en sens contraires ou en les écartant, jusqu'à venir «
toucher les points marqués *N* & *S* de la même barre, en «
observant toujours que ce soient les extrémités de dif- «
férens noms qui se touchent. On feroit la même chose «
sur l'autre barre *SN*, après avoir changé de bout les deux «
barres qu'on fait mouvoir. On répéteroit l'opération une «
quinzaine de fois, & on feroit la même chose sur l'au- «
tre face des barres *NS* & *SN* qu'on auroit renversées. «
Ces deux derniéres barres se trouvant ensuite chargées «

* Voy. le Trait. des Aimans artific. imprimé à Paris chez Guerin, 1752.

Figure 42. » d'une plus grande quantité de matiére magnétique, ser-
» viroient à leur tour à augmenter la force des deux autres ; » & lorsqu'on voudroit aimanter une aiguille de Boussole, » on se serviroit de deux de ces barres, comme lorsqu'on » veut augmenter la vertu magnétique d'une des barres de » la *Fig.* 42.

42. » On aimantera encore mieux les aiguilles de » Boussole, lorsqu'on en aura deux de la même grandeur. » On les placera sur une table à côté l'une de l'autre, en » laissant entr'elles un intervalle comme d'un pouce; on » sera attentif de les poser en sens contraire, & on met- » tra à leurs extrémités les deux *Contacts* ou morceaux de » fer doux, afin de former un rectangle ou quarré long » autour duquel la matiére magnétique puisse circuler pen- » dant *la Touche*. On appliquera ensuite sur le milieu d'une » des aiguilles les extrémités opposées des deux barres » d'acier qui servent d'aimans ; on inclinera, comme nous » l'avons dit, ces deux barres en dehors, & on les écar- » tera ensuite tout doucement l'une de l'autre, mais en » pesant sur l'aiguille, & en faisant glisser ces barres de- » puis le milieu de l'aiguille jusqu'à ses extrémités. On » répétera la même chose plusieurs fois ; on fera après » cela la même opération sur l'autre aiguille, en chan- » geant les deux barres de bout, & il sera avantageux de » repasser plusieurs fois, d'une aiguille à l'autre. Tout après » cela sera fini, les deux aiguilles seront aimantées ; mais » pour leur donner autant de force qu'il est possible, il » faudra les renverser & les aimanter encore sur les deux » autres faces.

Méthode de faire les Aimans artificiels.

43. » Il peut devenir quelquefois utile aux Marins de » pouvoir former des aimans artificiels : il suffit pour cela » qu'on ait un aimant foible, & on peut même absolument » s'en passer, comme on va le voir expliqué. Nous avons

dit que le Globe terrestre, qui avoit beaucoup de rapport « Figure 42.
à un gros aimant, étoit environné d'un tourbillon de ma- «
tiére magnétique, ou de cette matiére subtile qui agit sur «
les aiguilles de nos Boussoles, en les obligeant de se «
mettre à peu près Nord & Sud. Le courant de la matiére «
magnétique ne se fait pas parallelement à la surface de «
la Terre : il n'a cette direction à peu près que vers le mi- «
lieu de la Zone Torride ; mais lorsqu'on avance un peu «
considérablement vers l'un ou l'autre Pole, on s'apper- «
çoit que la matiére magnétique entre dans la Terre, ou «
en sort, en suivant des lignes presque à plomb. C'est ce «
qu'on reconnoîtroit par nos aiguilles de Boussoles ordi- «
naires, si elles étoient suspendues d'une autre maniére, «
& qu'elles eussent une parfaite liberté de s'abaisser par «
une extrémité, & de s'élever par l'autre. Si l'on veut «
prendre une notion plus parfaite de la direction que suit «
la matiére magnétique, il n'y a, comme nous le disions, «
qu'à appliquer sur une pierre d'aimant qui n'est point «
armée, plusieurs tronçons d'aiguilles dont on se sert pour «
coudre : la situation qu'ils prendront, représentera la di- «
rection que suit la matiére magnétique en circulant au- «
tour de la Terre. Il doit néanmoins se trouver quelque «
différence ; parce que la pierre d'aimant ne sera pas par- «
faitement homogène, elle ne sera pas toute formée de «
parties également magnétiques : & d'un autre côté le «
Globe terrestre est aussi formé d'un grand nombre de par- «
ties de différentes natures. «

44. Cela supposé, on prendra une barre de fer de 5 «
à 6 pieds de longueur, ou même plus courte ; on la dis- «
posera à peu près selon le courant de la matiére magné- «
tique. Si on est vers le milieu de la Zone Torride, on «
la mettra parallelement à l'Horison, & à peu près Nord «
& Sud : mais si on étoit par une grande latitude ; si on est, «
par exemple, éloigné de l'Equateur de 50 ou 60 degrez, «
on placera la barre de fer presque à plomb, en la pan- «
chant néanmoins un peu, comme de 8 ou 10 degrez par- «

Fig. 42. » en-haut vers l'Equateur, ou vers le côté qui répond au » Soleil à midi. On attachera le long de cette barre de » fer au milieu, avec deux cordons, une petite barre d'a- » cier de 8 à 9 pouces de longueur, qu'on aura eu le soin » de bien équarrir avec la lime, & de tremper. On pren- » dra ensuite une autre barre de fer d'environ 2 pieds de » longueur; & on se servira par préférence de quelqu'un de » ces instrumens dont on se sert dans les cheminées pour » attiser le feu, parce qu'ils sont déja pour l'ordinaire un » peu aimantés. Je suppose qu'on emploie les pincettes: » on les couchera presque sur la premiére barre de fer, en » appliquant leur extrémité inférieure sur le bout d'en-bas » du petit barreau d'acier; on les fera glisser dans cette si- » tuation tout le long du barreau, en les appuyant avec » assez de force; & on répétera la friction jusqu'à deux ou » trois cens fois, en la faisant toujours dans le même sens, » c'est-à-dire en montant, si l'on est dans les Zones tem- » pérées. On renversera ensuite le petit barreau d'acier, » pour mettre en-dessus la face qui étoit en-dessous; & on » recommencera d'autres frictions, en observant les mê- » mes précautions que les premiéres fois. Le petit bar- » reau se trouvera après cela assez considérablement ai- » manté; on aimantera de la même maniére un second » barreau, un troisiéme & un quatriéme; & on leur don- » nera enfin une nouvelle force en les aimantant les uns » par le moyen des autres, après les avoir accouplés suc- » cessivement par des contacts ou morceaux de fer doux, » comme nous l'avons expliqué plus haut. »

III.

De la Rose de la Boussole & de sa division en Airs ou Rumbs de vent.

(Voyez la Figure 43.)

45. L'aiguille étant aimantée on la suspend sur un pi-

vot dans une boëte qu'on a le ſoin de couvrir d'une glace, Fig. 43.
& le tout forme la Bouſſole. L'inſtrument eſt néanmoins preſque toujours plus compoſé lorſqu'on le deſtine à l'uſage de la Marine. L'agitation du Vaiſſeau, étant quelquefois fort grande, on ſe trouve obligé de munir la Bouſſole d'une double boëte. Celle de dedans eſt ſoutenue au milieu de deux *balanciers* ou quadres de cuivre, qui ſont l'un dans l'autre, & qui ſe placent horiſontalement, en portant ſur de petits boulons, comme dans les lampes de Cardan. Nous avons le ſoin d'avertir expreſſément que les balanciers doivent être de cuivre ; car il faut qu'il n'entre abſolument aucun autre fer que l'aiguille aimantée, dans la conſtruction des Bouſſoles ; & on ne ſçauroit auſſi pouſſer l'attention trop loin pour exclure la plus petite partie de ce dernier métail du voiſinage de ces inſtrumens. Une aiguille toute ſimple ſeroit preſque toujours trop ſujette à vaciller ; outre cela il ne ſuffit pas de connoître le Nord & le Sud, on a beſoin en Mer de connoître un plus grand nombre de différentes directions. C'eſt pourquoi on charge l'aiguille d'un carton très-léger, ou plûtôt d'un morceau de talc taillé en rond, & collé entre deux morceaux de papier ; & on trace deſſus une *Roſe des vents*, qui eſt un cercle diviſé en 32 parties égales par des rayons qu'on nomme *Rumbs* ou *Airs de vent.*

46. Le Nord, comme nous avons déja eu occaſion de le dire, eſt indiqué par une fleur de lys qui doit répondre ſur l'extrémité de l'aiguille. Une autre ligne eſt perpendiculaire à la ligne Nord & Sud ; elle indique d'un côté l'Orient ou le Levant, & de l'autre l'Occident ou le Couchant. On lui donne dans la Marine le nom de Ligne *Eſt* & *Oueſt.* On nomme Eſt l'Orient, & Oueſt l'Occident. Ces quatre directions Nord, Sud, Eſt & Oueſt, qui partagent la Bouſſole, & même l'Horiſon en quatre parties égales, ſont regardées comme principales ; on les nomme les Vents *Cardinaux*, & ils communiquent leurs noms à tous les autres.

Figure 43. 47. L'air de vent, qui eſt exactement entre le Nord & l'Eſt, emprunte ſon nom de ces deux premiers ; il ſe nomme Nord-Eſt. On a de même le Sud-Eſt entre le Sud & l'Eſt ; le Sud-Oueſt entre le Sud & l'Oueſt ; le Nord-Oueſt entre le Nord & l'Oueſt. L'Horiſon ou le tour de la Bouſſole ſe trouve de cette ſorte diviſé en huit parties égales, qui ſont chacune de 45 degrez. On les partage derechef par la moitié ; & on donne encore aux airs ou rumbs de vent moyens les noms des deux entre leſquels ils ſe trouvent, en obſervant d'employer toujours ceux des quatre cardinaux les premiers. On a donc le Nord Nord-Eſt, l'Eſt Nord-Eſt, l'Eſt Sud-Eſt, le Sud Sud-Eſt, le Sud Sud-Oueſt, l'Oueſt Sud-Oueſt, l'Oueſt Nord-Oueſt, & le Nord Nord-Oueſt.

48. La Bouſſole ſe trouve alors diviſée en 16 parties, qui ſont chacune de 22 ^{d}. 30 ^{m}. On les ſubdiviſe encore en les partageant par la moitié ; mais afin d'abréger un peu les noms, on ſuit, en nommant les nouvelles directions, une méthode un peu différente de la premiére. L'air de vent qui eſt entre le Nord & le Nord Nord-Eſt, ſe nomme le Nord quart de Nord-Eſt ; parce qu'il eſt auprès du Nord, mais qu'il marque le quart de la diſtance du Nord au Nord-Eſt. Cet air de vent eſt preſque le Nord, mais il avance d'un quart vers le Nord-Eſt. On a de l'autre côté du Nord, le Nord quart de Nord-Oueſt, c'eſt-à-dire le Nord qui avance un quart vers le Nord-Oueſt. On forme le nom de tous les autres quarts de la même maniére. La *Figure* 43 les repréſente avec tous les autres rumbs. Nous les avons marqués par leurs lettres initiales, comme on le fait ordinairement dans la Marine : au lieu de Nord quart de Nord-Eſt, on écrit $N\frac{1}{4}NE$.



IV.

IV.

Des différentes ſortes de Bouſſoles, & de leurs uſages.

(Voyez la Figure 44.)

49. On nomme *Compas de route*, les Bouſſoles dont on ſe ſert pour diriger la proüe du Navire, du côté vers lequel on veut aller. Ces Bouſſoles ſont renfermées dans l'*Habitacle* qui eſt une eſpéce d'armoire ouverte, ſituée ſelon la largeur du Vaiſſeau, ou perpendiculairement à la longueur de la quille. La boëte de la Bouſſole eſt parfaitement quarrée, ce qui fait qu'en examinant la ſituation de la roſe par rapport à la boëte, ou par rapport à l'habitacle, on ſçait, ſans être obligé de porter la vûe plus loin, comment eſt dirigé le Navire.

50. On a d'autres Bouſſoles qui ſervent à *relever* les objets éloignés, ou à reconnoître l'air de vent auquel ils répondent; & on nomme ces Bouſſoles *Compas de variation*, à cauſe d'un autre uſage qu'elles ont, & dont nous parlerons dans un moment. Nous avons repréſenté une de ces Bouſſoles dans la *Figure* 44. On y voit deux pinnules *A* & *B* par leſquelles on viſe aux objets dont on veut ſçavoir la direction. Cet inſtrument eſt ſujet à une aſſez grande incommodité: car il exige toujours en Mer pour ſon uſage, le concours de deux obſervateurs. Si l'on étoit à terre, on pourroit, après avoir viſé à l'objet par les deux pinnules *A* & *B*, examiner tout à loiſir quelle eſt la direction *A B* ſur la Bouſſole. Mais en Mer la choſe ne peut pas ſe pratiquer, à cauſe du mouvement continuel du Vaiſſeau : il faut néceſſairement pendant qu'un obſervateur pointe à l'objet, qu'un autre examine la ſituation de la ligne *A B*. Cet aſſujetiſſement eſt non-ſeulement pénible, il peut nuire à l'exactitude de l'obſervation, parce qu'il peut arriver que les deux obſerva-

Fig. 44. teurs ne s'accordent pas à saisir le même instant.

51. Ce n'est pas absolument la direction de la ligne *A B* que le second Observateur se charge d'examiner ; il gêneroit trop l'autre Observateur. Il y a un fil tendu de *D* en *E* perpendiculairement à *A B*, & c'est à la situation de ce fil que le second Observateur est attentif. S'il est question, par exemple, d'observer combien il s'en faut que le Soleil ne se léve au point précis de l'Est de la Boussole, le second Observateur examine combien le fil *E D* différe de la ligne Nord & Sud. Si le Soleil se levoit exactement à l'Est, la ligne Nord & Sud de la Boussole tomberoit précisément sur *D E*; mais si l'Est de la Boussole s'écarte du Soleil de 10 à 12 degrez, la fleur de lys ou le Nord s'écartera de la même quantité, du fil *D E*. Ainsi lorsqu'on dirige la ligne *A B* sur l'objet, & qu'on veut sçavoir à quelle distance cet objet répond de l'Est ou de l'Ouest, on peut, sans crainte de se tromper, examiner la situation de *D E* par rapport à la ligne Nord & Sud ; mais, comme nous l'avons dit, l'observation a ses difficultez.

Description d'un nouveau Compas de variation.

(Voyez les Figures 45 & 46.)

52. » On pourroit, à ce que je crois, donner aux Com» pas de variation une autre forme, sçavoir celle que j'ai re-
Fig. 45. & 46. » présentée dans les *Figures* 45 & 46. La boëte intérieure » *A E D B* est quarrée comme à l'ordinaire, mais elle est » couverte de deux glaces ou plûtôt de quatre qui forment » en-dessus comme un toît, & qui sont jointes en haut » par des plombs garnis de mastic. Je tends en travers sur » ce toît de verre, un fil *A F B* depuis le point *A* jusqu'au » point *B*; en faisant ensorte qu'il réponde bien exacte» ment au-dessus du centre *C* de la rose. De plus je place

en *A H* un petit miroir auquel je donne une ſituation « Fig. 45. & 46.
inclinée de 30 ou 40 degrez par rapport à l'Horiſon. On «
pourroit le faire ſortir en partie de la boëte intérieure, «
ou donner en cet endroit une petite ſaillie à la boëte «
pour le contenir. Il eſt ſeulement eſſentiel que ce pe- «
tit miroir vienne toucher preſque au bord de la roſe ; & «
une autre condition n'eſt pas moins importante, il faut «
qu'il ne ſoit incliné ni vers la droite ni vers la gauche. «

53. Pour s'aſſurer s'il a exactement la ſituation né- «
ceſſaire, il n'y a qu'à ſe placer de l'autre côté de la Bouſ- «
ſole, & voir, en fermant un œil, ſi l'image du fil *F B* «
dans le miroir, ſe trouve cachée par le fil même, pen- «
dant que ce fil paroît paſſer par le centre de la roſe. «
Il ſera facile en Mer de rétablir par le moyen de quel- «
ques vis la ſituation du miroir, ſuppoſé qu'il l'ait per- «
due par quelque accident. Une derniére précaution «
qui ſera encore néceſſaire, c'eſt d'attacher en quelque «
endroit des côtés de la boëte en-dedans, une branche «
de reſſort de cuivre qui vienne preſque ſe repoſer ſur la «
chape *C*; afin que l'agitation du Vaiſſeau ne puiſſe pas «
aire ſortir la roſe de deſſus ſon pivot. «

54. L'uſage de ce Compas ſera fort ſimple. Suppoſé «
que le Soleil ſoit à une certaine hauteur, & qu'on «
veuille ſçavoir à quel rumb de vent de la Bouſſole il ré- «
pond ; on appuyera, pour plus de facilité, le Compas ſur «
quelques corps mous : on le tournera enſuite vers le So- «
leil, en faiſant enſorte que l'ombre du fil *F B* tombe «
ſur le centre de la Bouſſole, & on examinera en même «
tems la direction de l'ombre. Si le Soleil eſt à l'Hori- «
ſon, & qu'il ne faſſe pas d'ombre, ou ſuppoſé qu'il s'agiſſe «
de ſçavoir à quel rumb paroît un Navire éloigné, ou un «
Cap, on dirigera le Compas de la même maniére ; mais «
dans ce cas on regardera l'objet dans le miroir ; on cou- «
pera ſon image par celle du fil *F B*, & on verra du mê- «
me coup d'œil ſur la roſe en *H* le nombre de degrez, «
ou le rumb qui répond à ce point. Si c'eſt le *S S O*, ce «

Fig. 45. & 46. » ſera une marque que l'objet répond au *NNE* ou au *N* » 22 deg. 30 min. vers l'*E*. »

Meſurer avec le Compas de variation l'Angle que fait la route du Navire avec la Quille.

(Voyez la Figure 47.)

55. Le même Compas ſervira à reconnoître la route effective qu'on ſuit pendant la navigation, ou à la diſtinguer de la ſituation qu'a la quille ou la longueur du Navire. Les Bouſſoles qui ſont dans l'habitacle, ne font connoître que le rumb auquel on préſente la proüe ; mais lorſque le vent n'eſt pas abſolument favorable, & que les voiles ſont orientées obliquement, le Navire eſt pouſſé de côté; & alors il s'en faut beaucoup qu'il ne ſuive dans ſon mouvement la direction de ſa quille. On nomme *Dérive* cet écart, ou l'angle que fait la vraie route avec la ligne de la longueur du Vaiſſeau. Quelquefois cet angle eſt de plus de 20 ou 25 degrez ; c'eſt-à-dire, que le Navire, au lieu de marcher ſur le prolongement de ſa quille, ſuit une direction différente de cette même quantité. Heureuſement le Vaiſſeau en fendant la Mer avec force, laiſſe toujours derriére lui une trace qui ſubſiſte très-long-tems : il ſuffit donc de prendre cette ligne pour la vraie route ; & d'obſerver ſon giſſement ſur le Compas de variation.

56. Si *AB* (*Fig.* 47.) repréſente un Vaiſſeau dont *A* ſoit la poupe, & *B* la proüe, & que la voile *ED*, au lieu d'être ſituée perpendiculairement à la quille, ſoit orientée obliquement, afin de recevoir le vent qui vient de côté, & qui la frappe ſelon la direction *VC*, le Navire ſera pouſſé par ſa voile, non-ſeulement ſelon ſa longueur, mais il le ſera auſſi de côté; & il ſuivra la route *GF*, qui peut faire un angle aigu avec la direction du vent. Comme il doit trouver beaucoup plus de difficulté à fendre l'eau par le flanc que par la proüe, il eſt ſoutenu

par la résistance que fait le Milieu sur lequel son flanc se trouve comme appuyé ; il présente la proüe au vent, il gagne par sa marche contre le vent, ou pour nous expliquer autrement, il remonte vers l'origine du vent : il est, pour ainsi dire, dans le cas d'un bateau qui, étant dans un large fleuve, iroit obliquement contre son cours. On joüiroit encore plus parfaitement de cet avantage singulier, si le Navire ne fendoit du tout point l'eau par le côté, & qu'il ne fût sujet à aucune Dérive, comme cela arriveroit effectivement, s'il étoit possible de rendre la proüe infiniment tranchante. Ne pouvant empêcher qu'il y n'ait de la Dérive, il faut que le Pilote en observe la quantité exacte ou la grandeur de l'angle BCF ; mais il le peut aisément avec la Boussole ou plutôt avec le Compas de variation ; puisque la trace CG que forme l'eau agitée par le mouvement du Navire, est en ligne droite avec la route CF. Fig. 47.

V.

De la Déclinaison ou Variation de la Boussole.

57. On est encore obligé d'avoir une attention importante, lorsqu'on veut connoître la route que suit le Navire ; il faut avoir continuellement égard à la déclinaison de la Boussole, ou au défaut de cet instrument, qui, au lieu de marquer exactement le Nord & le Sud, & les autres rumbs de vent, indique d'autres directions plus ou moins différentes, selon les divers lieux de la Terre où l'on se trouve. Cette déclinaison, ou pour nous exprimer comme on le fait ordinairement dans la Marine, la *Variation* de la Boussole est quelquefois extrêmement grande. Elle est actuellement sur les côtes de Hollande de 18 à 20 deg. & elle est environ deux fois plus grande vers la Baye d'Hudson dans le Nord de l'Amérique.

58. Lorsque la fleur de lys de l'aiguille s'éloigne du

Fig. 47. Méridien du côté de l'Orient, quoique ce ne soit que de quelques degrez, on dit que la variation est Nord-Est ; & elle est Nord-Ouest, si l'aiguille s'écarte du Méridien du côté de l'Ouest ou du Couchant. Il faut remarquer que cette variation est commune à toutes les Boussoles dans le même endroit ; ainsi elle dépend d'une cause générale, & sans doute de ce que les Poles de la Terre, considérée comme Aimant, sont différens des vrais Poles terrestres, ou de ceux qui sont éloignés de l'Equateur de 90 degrez. Il faut même que les Poles de la Terre prise pour Aimant, soient sujets à changer : car la variation de la Boussole diminue ou augmente d'une année à l'autre, dans presque tous les Pays.

59. Il n'est pas difficile d'avoir égard à la variation de la Boussole, lorsqu'on la connoît, & elle cesse d'être une source d'erreur. On croyoit, par exemple, suivre le Méridien, en se réglant sur la Boussole ; mais elle étoit sujette à une déclinaison ou variation de 11 deg. 15 min. vers le *N E* ; il est évident qu'au lieu de courir au Nord, on aura couru réellement au *N* $\frac{1}{4}$ *N E*. Par la même raison tous les rumbs de la Boussole qui sont du côté de l'*E*, se seront éloignés du vrai Nord, & approchés du Sud ; ainsi au lieu de suivre ou de *faire* le *N E*, on aura fait le *N E* $\frac{1}{4}$ *E* ; au lieu de faire l'*E*, on aura fait l'*E* $\frac{1}{4}$ *S E*. Ce sera tout le contraire pour les rumbs de vent qui sont du côté de l'Ouest : tous les points de la Boussole qui sont de ce côté-là se sont approchés du vrai Nord, & éloignés du Sud. Ainsi pendant qu'on croyoit faire l'Ouest en se reposant sur la fidélité de la Boussole, on faisoit effectivement l'*O* $\frac{1}{4}$ *N O*, & en croyant suivre le *N O* $\frac{1}{4}$ *O*, on suivoit le *N O*.

60. Si la déclinaison de la Boussole étoit constamment la même en chaque lieu, & s'il ne se faisoit pas sans cesse dans l'intérieur de la Terre de nouvelles altérations qui changent la situation de ses Poles magnétiques, on pourroit imiter plusieurs Pilotes qui se contentent de con-

ſulter ſur ce point les anciens Journaux dont ils ont le ſoin de ſe munir. Une auſſi grande négligence eſt extrêmement dangéreuſe : nous ſçavons l'hiſtoire des plus funeſtes accidens arrivés dans la Manche, pour s'être malheureuſement mis dans l'eſprit que la variation de la Bouſſole n'avoit pas changé depuis 20 ou 30 ans. On l'a vû augmenter par an de 18 ou 20 min. du côté du *NO* ſur les côtes de France, où elle eſt actuellement de 16 ou 17 degrez : mais ſon progrès n'eſt pas régulier ; quelquefois l'aiguille a retourné un peu ſur ſes pas, & le changement n'a pas été le même par-tout. Il a été beaucoup moins grand dans l'Amérique Méridionale où la variation eſt actuellement *N E.* Fig. 47.

Méthodes de découvrir la Variation de la Bouſſole.

61. On a pluſieurs moyens de trouver la Variation, qui tous conſiſtent à comparer dans certaines occaſions les directions que fournit la Bouſſole avec les vraies directions qui ſe rapportent aux Régions du Monde.

62. *Première Méthode.* L'Etoile du Nord ou l'Etoile polaire dont nous avons parlé No. 5. décrit un très-petit cercle autour du Pole : elle s'écarte un peu du Méridien à droit & à gauche ; mais elle paſſe deux fois par le Méridien dans chaque révolution de 24 heures, & dans ces deux inſtans elle répond exactement au vrai Nord. Ainſi il n'y a qu'à l'obſerver quand elle eſt préciſément au-deſſus ou au-deſſous du Pole, & voir ſi la fleur de lys du compas répond exactement au-deſſous. On ſe ſervira pour cela du compas repréſenté dans les *Figures* 45 & 46, qui ne porte le nom de compas de variation, que parce qu'il eſt propre à cet uſage & à d'autres ſemblables. Si la fleur de lys de la Bouſſole, au lieu de répondre exactement ſous l'Etoile, répond un certain nombre de degrez vers l'Orient ou vers l'Occident, la variation ſera *NE* ou *NO*, &

Figure. 47. on en aura la quantité. Au reste il n'est pas difficile de sçavoir quand il est tems d'observer l'Etoile polaire : cette Etoile est dans ce siécle-ci entre le Pole & une autre Etoile connue de tous les Marins sous le nom de *Poitrine de Cassiopée*. L'Etoile du Nord se trouve donc au-dessus ou au-dessous du Pole, toutes les fois qu'elle est elle-même au-dessus ou au-dessous de la Poitrine de Cassiopée.

63. *Seconde Méthode*. Il ne sera guére plus difficile de découvrir la Variation par deux observations correspondantes du Soleil, l'une faite le matin, & l'autre l'après-midi; mais il faudra que deux Observateurs travaillent de concert. Au défaut d'instrument plus parfait, on se servira de celui de la *Fig*. 3. Un des Observateurs, il n'importe à quelle heure du matin, mesurera la distance du Soleil au Zénith, & un autre examinera précisément dans le même tems avec un compas de variation, la situation du Soleil par rapport à la ligne Nord & Sud, indiquée par l'aiguille.

64. On attendra après cela que le Soleil ait passé le Méridien, & qu'il soit le soir parvenu en descendant à la même distance où il étoit du Zénith le matin. C'est-à-dire, qu'on répétera les observations déja faites, en saisissant l'instant où le Soleil est autant éloigné du Méridien d'un côté, qu'il l'avoit été de l'autre. Les distances de l'Astre au Zénith, étant égales, toutes les autres circonstances seront les mêmes. Ainsi, si le Soleil se trouve également situé le matin & le soir de part & d'autre de la ligne Nord & Sud de la Boussole, ce sera une marque qu'il n'y a point de variation, ou que la Boussole indique exactement le Nord & le Sud. Si au contraire on trouve sur le compas des quantités inégales dans les observations correspondantes, il y aura de la variation ; & elle sera égale à la moitié de la différence des deux quantités.

65. Si, par exemple, le Soleil répondoit le matin au *SE* de la Boussole, ou à 45 deg. de distance du Sud vers l'Est ; & que le soir, lorsque le Soleil se trouve à la même

distance

diſtance du Zénith, mais du côté de l'Occident, il réponde au *S O* de la Bouſſole, ou à 45. deg. de diſtance du Sud vers l'*O*, il faut néceſſairement que l'aiguille aimantée ſoit dirigée ſur la ligne du Méridien ; & par conſéquent il n'y a pas de variation. Fig. 47.

66. Mais ſuppoſons qu'au lieu de trouver 45 deg. de diſtance le ſoir, on en trouve 55, la différence ſera de 10 degrez, & il y aura dans ce cas 5 degrez de variation *N O*. En effet, lorſque l'aiguille s'écarte du point du milieu, elle s'approche autant d'un côté, qu'elle s'éloigne de l'autre ; & une des deux diſtances doit être préciſément trop grande de la même quantité dont l'autre eſt trop petite. C'eſt pourquoi il ne faut prendre que la moitié de la différence pour avoir l'écart de l'aiguille ou la variation. Dans cet exemple la variation eſt *N O*. Car le Sud de la Bouſſole étoit plus voiſin du Soleil le matin ; ce qui n'a pû arriver que parce que le Sud de l'aiguille s'eſt trouvé trop avancé vers le vrai Eſt, & le Nord trop vers l'Oueſt.

67. *Troiſiéme Méthode.* On ſe ſert plus ordinairement en Mer du lever du Soleil ou de ſon coucher, pour découvrir la variation ; & on préfére l'obſervation du ſoir, parce qu'on a plus le tems de s'y préparer. On cherche par des calculs que nous aurons le ſoin d'expliquer, à quelle diſtance le Soleil ſe léve ou ſe couche du vrai point de l'Orient, ou du vrai point de l'Occident, & on examine le matin ou le ſoir ſi l'Aſtre ſe léve ou ſe couche effectivement à cette diſtance de l'Eſt ou de l'Oueſt de la Bouſſole. Il ne faut de cette ſorte qu'une ſeule obſervation, & le Pilote n'aura beſoin d'être aidé de perſonne, s'il ſe ſert du compas de variation de la *Figure* 46.

68. On nomme *Amplitude*, la diſtance du lever ou du coucher d'un Aſtre au point de l'Orient ou de l'Occident. On diſtingue les amplitudes en *Ortive* ou *Occaſè*, ſelon qu'il s'agit du lever ou du coucher de l'Aſtre ; l'amplitude eſt ortive ou orientale, ſi l'Aſtre ſe léve à quel-

Figure 47. que diſtance du vrai Eſt ; & elle eſt occaſe ou occidentale, ſi l'Aſtre ſe couche à quelque diſtance du vrai point de l'Oueſt. Le calcul, comme nous l'avons dit, nous fournira cette amplitude, ou nous fera trouver cette diſtance du lever de l'Aſtre au vrai point de l'Orient, ou du coucher au vrai point de l'Occident : mais nous pouvons trouver auſſi l'amplitude par obſervation, en nous ſervant de la Bouſſole, & en viſant à l'Aſtre, lorſqu'il ſe léve ou qu'il ſe couche. Si les deux amplitudes s'accordent, celle qu'on trouve par le calcul, & celle que l'obſervation a fournie, il n'y a point de variation ; mais ſi les deux amplitudes ſont différentes, c'eſt une marque que la Bouſſole eſt ſujette à erreur.

69. Suppoſons, par exemple, que le Soleil doit ſe coucher à 10 deg. de diſtance du vrai point de l'Oueſt vers le Nord, & qu'il ne ſe couche effectivement qu'à 8 deg. de diſtance de l'Oueſt de la Bouſſole, il eſt évident qu'il y aura 2 deg. de variation, & qu'elle ſera *NE*. Car l'Oueſt de la Bouſſole s'eſt trouvé plus proche de l'Aſtre qui eſt vers le Nord; ce qui ne peut avoir lieu que parce que le Nord de la Bouſſole s'eſt un peu détourné du côté de l'Eſt. Nous inſiſterons davantage ſur cette matiére dans la ſuite. Voyez le Chap. VII du quatriéme Livre.

70. Nous répétons, en terminant ce Chapitre, que la variation étant trouvée, on n'a plus rien à craindre de ſes mauvais effets, & qu'on ſçaura toujours exactement ſur quel rumb on a couru. Mais ce n'eſt pas aſſez de connoître la direction que ſuit le Navire, il faut encore ſçavoir la quantité préciſe de ſon chemin, ou pouvoir meſurer ſon ſillage.



CHAPITRE III.

De la Maniére de mesurer par le Loch ou par d'autres Instrumens, le chemin que fait le Navire.

I.

71. TOUS les moyens qu'on a employés jusqu'à présent pour mesurer la vîtesse du Navire ou son sillage, se rapportent à l'usage du *Loch* dont ils ne différent pas dans le fond. Metius est, à ce que je crois, le premier qui nous a donné la description de cet instrument, quoiqu'il en parle dans ses Œuvres publiées en 1631. comme d'un moyen dont l'usage étoit déja établi depuis du tems. Le Loch n'est autre chose qu'un morceau de bois attaché à une longue ficelle. On laisse tomber de la poupe sous le vent le morceau de bois dans la Mer, où il sert comme de point fixe, à l'égard duquel on mesure le mouvement du Navire. Plus on fait de chemin, plus on est obligé de lâcher de ficelle; puisqu'on veut que le morceau de bois auquel elle est attachée, reste dans un parfait repos. La longueur de la ficelle étendue sur la surface de la Mer, marque donc la longueur du chemin que fait le Navire pendant la durée de l'expérience ; & sçachant le chemin parcouru pendant un intervalle de tems connu, on sçait à proportion celui que le Navire fait pendant une heure entiére ou pendant un jour.

72. On donne le plus souvent la figure de triangle isocelle au morceau de bois : il a 6 à 7 pouces de hauteur, & on charge son côté d'en-bas qui est plus court, d'un peu de plomb, afin que le triangle entre presque entiérement dans l'eau, & se tienne verticalement ou perpendiculai-

rement à l'Horiſon. Il eſt néceſſaire de lui faire prendre cette ſituation, afin qu'il ſoit plus ſtable, & qu'il donne moins de priſe au vent. Il eſt attaché en-haut par ſa pointe; mais la ficelle ſe diviſe à une certaine diſtance du morceau de bois en deux branches; l'une eſt celle qui eſt fixée au haut du triangle, & l'autre vient ſe rendre au bas, & eſt retenue par une cheville qui a la liberté de ſe dégager, lorſqu'on fait un plus grand effort ſur la ficelle, & qu'on veut après l'expérience, retirer le Loch à bord du Vaiſſeau.

73. Il n'eſt pas à propos que la cheville dont nous venons de parler, entre dans le bas même du triangle; car étant tirée quelquefois trop obliquement, il pourroit arriver qu'elle ne ſe dégageât pas aſſez vîte, ce qui expoſeroit la ficelle à ſe rompre, lorſqu'on tire le Loch à ſoi. La cheville entre dans un petit morceau de bois, qui eſt lui-même attaché au bas du triangle par une portion de ficelle: de cette ſorte le petit morceau de bois & la cheville tirés ſelon leur longueur, ſe ſéparent avec plus de facilité. Toute cette diſpoſition eſt cauſe que le triangle de bois, en ſe ſituant debout dans la Mer, offre pendant l'expérience une grande ſurface au choc de l'eau, & qu'il conſerve mieux ſa ſtabilité; il ſuffit d'un autre côté, auſſi-tôt que l'expérience eſt finie, d'employer un peu de force, pour que la cheville dont nous parlons, ſe dégage, & pour que le triangle approche du Navire en préſentant ſa pointe.

74. On ne fait durer ordinairement l'expérience que 30 ſecondes ou une demie-minute. Il eſt à propos que le Pilote ne perde pas de vûe le morceau de bois du Loch, afin qu'il ſe régle plus aiſément, en lâchant la ficelle qui doit être tendue, mais qui ne doit pas l'être trop. Cette ficelle fait un grand nombre de tours ſur une eſpéce de dévidoir qu'on fait tourner plus ou moins vîte, ſelon que l'exige le mouvement plus ou moins rapide du ſillage. On ne fait pas commencer les 30 ſecondes que doit du-

ter l'expérience, dans le même instant qu'on jette le morceau de bois à la Mer; on attend qu'il soit éloigné de la poupe d'environ une longueur du Navire; on veut qu'il soit tout-à-fait hors de cette eau extrêmement agitée que le Vaisseau laisse derriére lui, & qu'on nomme *le Remoux*. Il y a une marque sur la ficelle pour terminer cette longueur; & c'est lorsqu'on y parvient, qu'on commence à compter les 30 secondes, ou qu'on tourne le petit Sablier qui doit être d'une demie-minute.

75. La ficelle est divisée en plusieurs parties égales qu'on distingue par des nœuds, afin qu'on puisse même les compter pendant l'obscurité de la nuit. Il y a un nœud à la fin du premier espace, deux nœuds à la fin du second, trois nœuds à la fin du troisiéme, &c; & chacun de ces espaces est exactement la 120me partie d'un tiers de lieue marine. Ainsi les nœuds ou espaces, que le Navire parcourt pendant l'expérience, répondent à autant de tiers de lieue parcourus dans une heure. Si le Navire ne fait qu'un espace ou deux espaces pendant la demie-minute, il fera 120 fois plus de chemin dans une heure, & ce sera donc un tiers de lieue, ou deux tiers de lieue. Si on est obligé de filer 9 ou 10 nœuds, on sçaura de même qu'on fait 3 lieues par heure, ou 3 lieues & un tiers.

76. Nous avons ci-devant (N°. 31.) fixé le tiers de la lieue marine à 950 toises du Châtelet de Paris, ou à 5700 pieds de Roy. Si l'on en prend la 120me partie, il viendra 47 pieds & demi. Il faut donc donner cette longueur précise aux parties de la ficelle du Loch, ou aux intervalles qui séparent ses nœuds. Il est incontestable qu'on ne doit les rendre ni plus longs ni plus courts, lorsqu'on veut exprimer le sillage du Navire en tiers de lieue, & en faire durer l'expérience qu'une demie-minute. Toute autre longueur des parties de la ficelle ne s'accorderoit ni avec la grandeur qu'a le degré terrestre, ni avec la durée précise de la demie-minute, qui est déterminée par le nombre d'heures qu'il y a dans un jour, & par les 60

minutes dans lesquelles on a partagé l'heure. Nous avons rapporté dans le premier Livre (N°. 76.) la maniére de faire un Pendule simple qui marque exactement les secondes de tems par ses oscillations ou balancemens. On ne peut pas s'en servir à la Mer dans toutes les occasions; mais c'est assez qu'on puisse, en l'employant quelquefois, vérifier de tems en tems si les Sabliers conservent toujours leur même état.

I I.

De l'Imperfection du Loch construit par la méthode précédente, avec le moyen de corriger cet Instrument.

(Voyez les Figures 48, 49 & 50.)

77. Quelque soin qu'on apporte dans la construction du Loch que nous venons de décrire, cet instrument ne peut donner que le mouvement particulier du Navire, par rapport à la Mer. On suppose que le morceau de bois qu'on prend pour terme, est parfaitement immobile; mais si la Mer est elle-même sujette à se mouvoir, si elle avance vers un certain côté, son mouvement se communiquera au Loch de même qu'au Navire; ainsi on ne trouvera, en se servant de cet instrument, que le surplus de la vîtesse du sillage sur celle de la Mer, si les deux mouvemens se font dans le même sens; & on aura au contraire leur somme, s'ils se font dans des sens opposés.

78. On sçait par plusieurs observations sûres, que la Mer dans la Zone Torride se meut vers l'Occident, & qu'elle forme un courant continuel qui fait dans le milieu de l'Océan 2 ou 3 lieues par jour & même davantage. Si l'on single donc vers l'Ouest dans ces endroits où il y a un mouvement continuel, & qu'on se serve du Loch pour mesurer la marche du Navire, on ne trouvera que la quantité dont on avance plus vîte que la Mer, puisqu'on ne

comptera pas le mouvement que reçoit ſecrétement le Loch. Si l'on fait route au contraire vers l'Eſt en allant contre le courant, on croira faire plus de chemin qu'on n'en fait effectivement; parce que ſans le ſçavoir on ajoûtera à la vîteſſe réelle du Navire, celle de la Mer qui entraîne le Loch, & qui l'éloigne du Vaiſſeau. Fig. 48. 49. & 50.

79. J'ai vû des Pilotes qui ne faiſant pas attention au mouvement vers l'Occident qu'ont les eaux de l'Océan dans la Zone Torride, avoient changé les diviſions de leur Loch, ou altéré la durée de leur Sablier. Lorſqu'ils alloient d'Europe aux Iſles de l'Amérique, & qu'ils mettoient entre les nœuds de leur ficelle 47 pieds & demi, comme il le faut abſolument, il leur étoit toujours arrivé de découvrir la Terre plûtôt qu'ils ne s'y attendoient. Ils croyoient donc que leur Loch étoit mal diviſé, & que les nœuds en étoient trop éloignés les uns des autres : ils en diminuoient enſuite les intervalles, afin d'en pouvoir compter un plus grand nombre, & d'être en droit de ſuppoſer avoir fait un plus grand nombre de lieues. Mais ils tomboient dans une erreur qui n'étoit pas excuſable, faute de ſçavoir qu'il falloit ajoûter au chemin que le vent leur faiſoit faire, le mouvement ſecret que la Mer leur communiquoit de plus, & qu'elle communiquoit auſſi au Loch : mouvement qui pouvoit être, comme je l'ai dit, de plus de 3 lieues par jour. Lorſque ces Pilotes revenoient de l'Amérique, ils ne s'appercevoient pas de leur mécompte; parce qu'on prend toujours un autre chemin pour le retour. On ſort promptement de la Zone Torride en dirigeant la proüe vers le Nord, & on trouve des vents variables qui obligent à changer ſouvent de routes.

80. « Pour éclaircir ce que nous venons de dire, ſup- « poſons que *AB* (*Fig.* 48.) repréſente le mouvement « que reçoit le Navire *A* par l'effort du vent, pendant l'ex- « périence du Loch; & que dans le même tems la Mer « ſoit ſujette à un mouvement qui la tranſporte de *A* en *C*, « ſelon la direction *AC*. Le Navire obéit aux deux mou- «

Fig. 48. 49. & 50. » vemens : il ne ſuivra pas la ligne *A B*, parce que le cou- » rant que forme la Mer ſelon *A C*, & ſelon une infinité » d'autres lignes paralleles, l'en empêche ; & il ne ſuivra » pas non plus *A C*, comme s'il n'étoit livré qu'à l'action » du courant, puiſque le vent lui communique du mou- » vement ſelon *A B*. Pour avoir la route réelle du Navire, » il faut achever le parallelograme *A B G C*, & tirer la » diagonale *A G*; le Navire en partant du point *A*, ſui- » vra *A G*, & il parviendra dans les points *K*, *L*, *G* dans » le même tems qu'il ſeroit parvenu aux points *E*, *F* & *B*, » & que l'eau qui l'environnoit en *A*, parviendra en *H*, » en *I* & en *C*.

81. » Mais ſervons-nous du Loch dans cette ſuppo- » ſition pour meſurer la vîteſſe du ſillage. Le morceau » de bois qu'on prend pour terme, & qu'on s'imagine » mal-à-propos être immobile, parcourra *A C* en rece- » vant le mouvement du courant. Il arrivera dans les points » *H*, *I* & *C* dans le même tems que le Navire arrivera » dans les points *K*, *L* & *G*.

82. » Ainſi la ficelle ſera tendue ſucceſſivement ſur » *H K*, ſur *I L* & ſur *C G*; & on croira qu'elle ſera tou- » jours reſtée dans la même place, parce qu'elle aura tou- » jours la même ſituation par rapport au Vaiſſeau, & qu'elle » ſera toujours dirigée ſur le même rumb. La trace que » le Navire laiſſe derriére lui, & qu'on nomme la *Hoüa-* » *che*, aura été tranſportée de *A E* en *H K* par le cou- » rant, lorſque le Navire ſera parvenu en *K*; elle aura » été tranſportée de *A F* en *I L*, lorſque le Navire ſera » arrivé en *L*, & elle ſe trouvera dirigée ſur *CG*, lorſque » le Navire ſera en *G*. On la croira immobile, de même » que le morceau de bois du Loch, qui eſt néanmoins » tranſporté de *A* en *C*. Enfin on prendra la longueur *CG* » de la ficelle pour le chemin du Navire, & on croira que » le ſillage s'eſt fait ſous cette direction, quoique le tranſ- » port réel ſe ſoit fait ſur *A G*, & que ce ſoit cette ligne » qu'on ne connoît pas, qui eſt le chemin effectif.

83.

83. Il est évident que selon que la direction *A C* du « Fig. 48.
courant sera différemment située par rapport à la route « primitive *A B*, la diagonale *A G* qui représente le transport actuel du Navire, deviendra plus ou moins longue. « Si l'angle *B A C* étoit encore plus obtus, le courant se « trouvant plus directement contraire à la route *A B* du « Vaisseau, y apporteroit une plus grande diminution, en « rendant encore plus court le chemin actuel *A G*. Ce seroit le contraire si l'angle *B A C* étoit aigu : le courant « favoriseroit alors la marche du Navire, & se joindroit « à *A B* pour rendre *A G* plus grande. Malheureusement, « si on excepte quelques endroits où on a pû faire de fréquentes observations, on ne sçait en Mer ni la direction du courant ni sa vîtesse ; & on porte inutilement la « vûe autour de soi pour tâcher de les découvrir. Tout ne se « meut pas ; mais tout paroît se mouvoir ; & il n'est pas aisé « de démêler dans cette apparence ce qu'il y a de réel. «

84. Je crois qu'il n'y a pas de moyen de lever cette « difficulté, si le courant s'étend en-bas jusqu'à une grande « profondeur. Mais si le mouvement n'est que superficiel, « s'il ne s'étend en-bas que de 50 ou 60 pieds, comme cela « doit arriver ordinairement, parce que la plûpart des causes qui agissent sur la Mer, sont extérieures & n'ont d'action que sur la surface, nous pourrons en changeant quelque chose dans la construction du Loch, chercher dans « la Mer même le point fixe dont nous avons besoin. «

85. Supposons que le morceau de bois *B A C* (*Fig.* 49.) au lieu d'être chargé comme à l'ordinaire par en-bas d'un « morceau de plomb, soutienne par la ficelle *A G* le « corps *G H* qui descende assez bas pour se trouver dans « une eau parfaitement tranquille : il est certain que ce « corps par la difficulté qu'il trouvera à traverser un milieu qui résiste, empêchera le morceau de bois *B A C* de « céder aussi aisément à l'impression du courant, & que le « Loch sera moins défectueux. Pour achever de décrire le « nouvel instrument, la ficelle *G A* sera une continuation «

Fig. 49. » de celle *A O E* qui se rend au Vaisseau vers *E*. Cette fi-
» celle traversera le morceau de bois *B A C*, qui sera percé
» de haut en bas, & qui sera à demi-creux par-dessous.
» Lorsque l'expérience sera achevée, & qu'on fera effort
» dans le Navire pour tirer le Loch, la partie de ficelle
» *C D* se séparera, & aussi-tôt le corps *G H* viendra se
» loger en partie dans le morceau de bois *B A C* avec le-
» quel il se rendra à bord. On fera dans le tems de l'expé-
» rience descendre le corps *G H* de 40 ou 50 pieds : mais
» il sera quelquefois à propos de le faire descendre plus
» bas, pour voir si l'on trouve toujours le même résultat.

86. » Il est vrai qu'il faudroit que la surface du corps
» inférieur fût infiniment grande pour que l'instrument re-
» stât exactement en repos. Mais si on est obligé de ne
» donner qu'une certaine grandeur au corps inférieur,
» on peut au moins mettre une proportion constante entre
» les deux surfaces, & faire ensorte que le Loch ne pren-
» ne toujours qu'une certaine partie connue de la vîtesse
» qu'a la Mer en haut. Je crois qu'on pourroit donner tou-
» jours une figure conique au morceau de bois *B A C*, ou
» celle d'un pain de sucre dont les côtés fussent parfaite-
» ment droits. On feroit ces côtés de 6 pouces de lon-
» gueur, & le diamétre de la base de 3 pouces. Quant au
» corps *G H*, on le formeroit de deux morceaux quarrés
» de tole ou de fer noir, qui seroient égaux, & qui se
» couperoient perpendiculairement par leur diagonale ;
» & on leur donneroit 9 pouc. $8\frac{1}{2}$ lignes de côté. Comme
» le corps *G H*, avec aussi peu de poids qu'on voudroit,
» présenteroit ensuite une assez grande surface à l'eau
» tranquille, le Loch ne prendroit qu'une petite partie
» de la vîtesse du courant ; & il est facile de s'assûrer
» qu'il n'en prendroit guére que la cinquiéme partie.

87. » Ainsi il faudroit toujours continuer à se servir du
» Loch ancien, afin de le comparer avec le nouveau ;
» excepté dans les endroits où il y a peu de fond, & où
» on pourroit faire descendre le corps *G H* jusqu'en bas

pour s'y repoſer. Dans ces endroits le Loch ſe trouve- « Fig. 49.
roit comme à l'ancre, il ſeroit parfaitement immobile, «
& il donneroit, lorſqu'on l'employeroit ſeul, le vrai ſil- «
lage. Mais en pleine Mer la comparaiſon des deux Lochs «
ſeroit indiſpenſable. Cependant on ne ſeroit pas obligé «
de faire un plus grand nombre d'expériences qu'à l'ordi- «
naire. On employeroit les deux inſtrumens alternative- «
ment de demie-heure en demie-heure, ou d'heure en «
heure, ſelon que la rapidité du ſillage ſeroit plus ou moins «
ſujette à changer. Le Loch ancien prend toute la vîteſſe «
du courant; au lieu que le nouveau Loch n'en pren- «
droit que la cinquiéme partie. Il n'y auroit donc qu'à «
voir combien il y auroit de différence entre les deux «
quantités qu'ils fourniroient. Cette différence ſeroit les «
quatre cinquiémes de la vîteſſe du courant, & il ſuffi- «
roit par conſéquent d'en prendre le quart, pour avoir la «
petite correction qu'il faudroit appliquer au réſultat four- «
ni par le nouveau Loch. «

88. Suppoſé que le Loch ancien donnât 7 nœuds, «
& que le nouveau en donnât 9; la différence ſeroit de «
2 nœuds, dont le quart ſeroit un demi-nœud, qu'il fau- «
droit ajoûter dans le cas préſent, mais qu'il faudroit ſouſ- «
traire, ſi le nouveau Loch donnoit moins que l'autre. «
On auroit de cette ſorte pour le ſillage réel 9 nœuds & «
demi, qui valent 3 lieues & un ſixiéme par heure. Cette «
vîteſſe ne ſeroit pas celle que le navire auroit dans le «
tems de chaque obſervation, mais dans le milieu de leur «
intervalle; ce qui reviendroit parfaitement au même. «

89. On peut trouver par cette même Méthode la di- «
rection du courant, pourvû qu'on ſe donne la peine de «
faire une figure, ou de réſoudre un triangle par le cal- «
cul. D'une maniére ou d'autre, on déterminera en même «
tems le ſillage du Navire avec plus d'exactitude que par «
l'opération précédente, que nous croyons néanmoins «
ſuffiſante dans la Pratique. La route que ſuivroit le Vaiſ- «
ſeau, s'il n'étoit pas expoſé à l'action du courant, eſt «

Fig. 50. » marquée par la ligne *A B* (*Fig.* 50.) ; c'eſt auſſi la trace » ou la *hoüache* du Navire. La ligne *A C* eſt l'eſpace parcouru par le courant, pendant que le Navire mû par le » vent & par ce même courant, parcourt réellement la » diagonale *A G* du parallelograme *A B G D*. Le Loch » ancien, comme nous l'avons vû, paſſe de *A* en *C*, & » ſa ficelle prend la ſituation *G C*; au lieu que le nouveau » Loch qui eſt retenu par la réſiſtance que fait à ſon mouvement l'eau tranquille d'en-bas, ne parcourt que *A N* » qui eſt la cinquiéme partie de *A C*, & ſa ficelle ſe dirige ſelon *N G*.

90. » Il eſt facile pendant les deux expériences d'examiner la direction des ficelles avec un compas de variation ; la différence des deux rumbs donnera l'angle » *C G N*; & on connoîtra en même tems les deux côtés » *C G* & *N G*, puiſqu'ils ſeront exprimés par le nombre » de nœuds fournis par les deux Lochs. Il ne reſtera donc » plus qu'à faire une figure exacte qui repréſente le triangle *C G N* : on fera l'angle en *G*, tel qu'on l'a trouvé ; » & on donnera aux deux côtés *G N* & *G C* autant de » parties égales qu'on a trouvé de nœuds dans chaque expérience. Ce triangle étant formé, on prendra le quart » de *C N*; & l'ajoûtant depuis *N* juſqu'en *A*, on aura *A C* » pour la vîteſſe du courant & pour ſa direction : de même que ſi l'on tire *A G*, on aura la vîteſſe & la route » actuelles du Navire.

91. » Nous jugeons de la grandeur de l'angle *C G N* » par l'angle que font enſemble les directions des lignes » ou ficelles des deux Lochs : c'eſt ce qui eſt très-permis, » quoique le vent faſſe prendre à ces ficelles une courbure conſidérable ; car on peut ſuppoſer qu'il agit à » peu près autant dans un cas que dans l'autre. On peut » auſſi dans la Pratique ſe contenter d'augmenter d'un » quart l'angle *C G N*, pour avoir l'angle *C G A*. On aura » dans ce dernier angle, la quantité dont il faut corriger » la route apparente *C G*, donnée non pas par la ficelle » du Loch ancien, mais plûtôt par la trace ou la hoüache

du Navire ; & on sçaura de quel côté il faut faire la cor- « Fig. 50.
rection par la situation que prend la ficelle du Loch «
nouveau. Si le Nord est vers le haut de la figure, & que «
la trace *G C* considérée du Vaisseau, reste au *S O*, la «
route apparente sera le *N E*; & si l'angle *C G N* est de «
4 degrez, l'angle total *C G A* sera de 5, qu'il faudra «
porter du côté du Sud. On aura le *S O* 5^{d} *S* pour la dire- «
ction de *G A*; mais comme le Navire va de *A* vers *G*, sa «
route réelle sera le *N E* 5^{d} *N*, qui est directement opposé «
au *S O* 5^{d} *S*. «

III.

Méthode de déterminer la Vîtesse du Sillage par la force de l'Impulsion de l'Eau.

(Voyez les Figures 51. & 52.)

92. On peut encore juger de la vîtesse du Navire «
par le choc que fait l'eau de la Mer sur une surface d'une «
grandeur déterminée. Ce moyen s'est présenté à plu- «
sieurs Méchaniciens qui l'ont proposé ; je vais expliquer «
le plus succintement que je pourrai comment je vou- «
drois l'employer. Si on retient par une corde un bou- «
let ou quelqu'autre corps parfaitement rond, & qu'on le «
fasse descendre dans la Mer, il est certain que plus le «
Navire singlera avec vîtesse, plus l'impulsion que re- «
cevra ce Globe par la rencontre de l'eau, sera grande. «
Il est à propos que ce corps descende assez bas pour n'ê- «
tre point sujet au choc irrégulier du courant : lorsqu'il «
parviendra à l'eau tranquille, toute l'impulsion qu'il re- «
cevra, ne sera causée que par la vîtesse avec laquelle «
il sera entraîné par le Vaisseau. Je marque cy-après «
dans une Table, les vîtesses du Sillage, qui répondent «
aux impulsions que peuvent recevoir des Globes de «
deux grandeurs différentes, l'un de 6 pouces de diamé- «
tre, & l'autre d'un pied. Les vîtesses sont marquées en «
dixiémes parties de lieue que le Navire doit parcourir «

Fig. 51. & 52. » dans une heure. Si, par exemple, l'impulsion que re- » çoit le Globe d'un pied de diamétre, est de $42\frac{1}{2}$ livres, » on trouvera dans la Table que le Navire fait 2.0 lieues » par heure, c'est-à-dire 2 lieues justes. Si cette impulsion » étoit de 131 livres, le Navire feroit 3. 5 lieues, c'est-à- » dire 3 lieues & 5 diximes, ou trois lieues & demie. »

TABLE des Impulsions de l'eau produites par les différentes vîtesses du Sillage.

93.

Impulsions sur un globe de 6 pouces de diametre.	Impulsions sur un globe de 12 pouces de diametre.	Vitesses du Sillage.	Impulsions sur un globe de 6 pouces de diametre.	Impulsions sur un globe de 12 pouces de diametre.	Vitesses du Sillage.
Livres.	Livres.	Dixiéme de lieues.	Livres.	Livres.	Dixiéme de lieues.
$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{8}$	0. 1	18	72	2.6
$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	0. 2	$19\frac{1}{3}$	78	2.7
$\frac{1}{4}$	1	0. 3	21	84	2. 8
$\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	0. 4	$22\frac{1}{2}$	90	2. 9
$\frac{3}{4}$	$2\frac{2}{3}$	0. 5	24	96	3. 0
1	4	0. 6	$25\frac{2}{3}$	103	3. 1
$1\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{4}$	0. 7	27	109	3. 2
$1\frac{3}{4}$	7	0. 8	29	116	3. 3
2	$8\frac{1}{2}$	0. 9	$30\frac{2}{3}$	124	3. 4
$2\frac{2}{3}$	$10\frac{1}{2}$	1. 0	$32\frac{2}{3}$	131	3. 5
3	13	1. 1	$34\frac{1}{2}$	139	3. 6
4	15	1. 2	$36\frac{1}{2}$	146	3. 7
$4\frac{1}{2}$	18	1. 3	38	153	3. 8
$5\frac{1}{4}$	21	1. 4	$40\frac{1}{2}$	162	3. 9
6	24	1. 5	$42\frac{1}{2}$	170	4. 0
7	27	1. 6	45	179	4. 1
$7\frac{2}{3}$	31	1. 7	47	188	4. 2
$8\frac{1}{2}$	$34\frac{1}{2}$	1. 8	49	197	4. 3
$9\frac{1}{2}$	38	1. 9	$51\frac{1}{3}$	206	4. 4
$10\frac{1}{2}$	$42\frac{1}{2}$	2. 0	53	213	4. 5
12	47	2. 1	56	224	4. 6
13	$51\frac{1}{2}$	2. 2	$58\frac{1}{2}$	234	4. 7
14	56	2. 3	$60\frac{2}{3}$	244	4. 8
15	61	2. 4	63	254	4. 9
$16\frac{1}{2}$	66	2. 5	66	265	5. 0

94. » Toute la difficulté se réduit après cela à mesu- « Fig. 51. & 52.
rer le choc de l'eau contre le Globe. On peut dans le «
Vaisseau peser l'effort total que soutient la corde à la «
quelle le corps est attaché; mais cet effort est formé de «
plusieurs efforts particuliers qu'il faut séparer les uns des «
autres. L'eau frappe non-seulement le Globe, elle frappe «
la corde qui le soutient; outre cela le Globe doit avoir «
une pesanteur considérable, & il n'est pas peut-être mê- «
me permis de négliger celle de la corde. Si on attache «
au bras d'une balance l'extrémité d'en-haut de cette «
corde, ou si l'on pouvoit se servir d'un peson d'Allema- «
gne, on trouveroit tous ces efforts confondus ensemble. «
Pour prendre une notion plus distincte de l'état de la que- «
stion, je considére la *Figure* 51. Le Globe *P* est plongé de «
40 ou 50 pieds dans la Mer; il est censé parvenir à l'eau «
tranquille. Ce Globe est retenu par la corde *C B A* qui «
doit se courber en différens sens, avant que d'entrer «
dans le Vaisseau en *A*. Pendant que le Globe frappe «
l'eau à cause du mouvement du Navire, & qu'il est re- «
poussé dans le sens horisontal, sa pesanteur tend à le «
faire descendre; & ce sont ces deux efforts ensemble «
qui réglent la situation inclinée de la corde vers *C*. Toute «
la partie submergée *C B* de la corde est frappée par l'eau, «
& c'est ce qui lui fait prendre une courbure considéra- «
ble. En *B* la corde commence à se courber dans un au- «
tre sens, à cause de sa pesanteur qui n'est plus soutenue. «

95. Il suit de tout cela que la corde a différente in- «
clinaison dans tous ses points, & que toutes ses parties «
sont aussi différemment chargées. Nous pouvons en haut «
examiner fort aisément sa situation par rapport à l'Ho- «
rison, ou par rapport à un fil à plomb. Il ne sera pas im- «
possible non plus de peser l'effort qui s'exerce en haut «
selon sa longueur. Il faudra avoir la précaution de chan- «
ger la direction de cette corde par le moyen d'une pou- «
lie, afin de la rendre perpendiculaire au bras de la ba- «
lance ou de la Romaine auquel on l'appliquera. Enfin «

Fig. 51. & 52. » on doit avoir cherché la pesanteur du Globe dans l'eau, » & on peut chercher également le poids qu'y a la fi» celle, supposé qu'on ne puisse pas réussir à lui donner la » même pesanteur spécifique qu'à l'eau de Mer ; ce qui » rendroit le reste de l'opération beaucoup plus simple.

96. » On tirera après cela une ligne droite *G M* (*Fig.* » 52.) pour représenter l'Horison ou la ligne de niveau ; » & une autre ligne *G N* qui lui soit perpendiculaire, pour » représenter la situation du fil à plomb. On tirera *G O* » qui ait la même obliquité par rapport à ces lignes, que » la corde *A B C* (*Fig.* 51.) lorsqu'elle entre en *A* dans » le Navire. On prendra ensuite sur une échelle de par» ties égales autant de parties que l'effort qui s'exerce sur » la corde, & qu'on a pesé, contient de livres. On fera » *G O* de ce nombre précis ; & on pourra se contenter, » si l'on veut, de rendre les côtés de la figure deux ou » trois fois plus grands que ceux de la figure que nous » mettons sous les yeux des Lecteurs. On achevera le re» ctangle *M G N O* ; & retranchant *N Q* qu'on rendra » égale à la pesanteur de la partie (*B A*) de la corde qui » est hors de l'eau, on tirera la parallele *Q R* à *N O* ou à » *G M*, & conduisant la diagonale *G R*, on aura la situa» tion qu'a la corde en *B* dans l'endroit où elle sort de » l'eau, en même tems que cette diagonale exprimera » aussi l'effort qui s'exerce en *B* le long de la corde. Il ne » restera plus après cela, si la corde est de même pesan» teur spécifique que l'eau de Mer, qu'à prendre *G S* pour » représenter la pesanteur du Globe dans l'eau : on tirera » *S T* parallelement à *N O*, & transportant *G R* en *G T*, » il viendra *G T* pour la situation qu'a la corde en *C* au» près du Globe ; & *S T* exprimera en même tems l'effort » que souffre le Globe par la rencontre de l'eau. Ainsi c'est » la valeur de *S T* qu'il faudra chercher dans la Table in» sérée ci-dessus, pour avoir la vîtesse du Navire.

97. » Nous nous proposerons l'exemple suivant, afin » de jetter un plus grand jour sur toute l'opération. Nous

supposerons

ſuppoſerons qu'on ſe ſert d'un Globe d'un pied de diamé- « Fig. 51. 52.
tre, & qu'il peſe dans l'eau 64 livres ; c'eſt-à-dire que « dans l'air il en peſoit un peu plus de 101, & qu'il a perdu « dans l'eau de Mer un peu plus de 37 livres. La corde eſt « de même peſanteur que l'eau, ſa partie *A B* qui eſt hors « de la Mer peſe $\frac{1}{2}$ livre : elle forme avec le fil à plomb un « angle de 60 degrez & de 30 degrez avec l'Horiſon ; & « enfin l'effort total qu'elle fait ſur la balance eſt de 80 liv. « Nous demandons quelle eſt l'impulſion de l'eau ſur le « Globe ? «

98. En formant le triangle-rectangle *G N O*, on fera « l'angle *N G O* de 60 degrez, & on fera l'hypothénuſe « *G O* de 80 parties pour repréſenter les 80 livres d'effort « peſé dans le Navire. On retranchera de *G N* une demie « partie pour la péſanteur de la portion de corde *A B*. On « aura *G Q* de 30 $\frac{1}{2}$ parties ; & la diagonale réduite *G R* ſera « d'environ 79 $\frac{3}{4}$. On la tranſportera en *G T* pour la faire « convenir avec *G S* qu'on fera de 64 parties pour repré- « ſenter le poids du Globe dans l'eau. Meſurant enſuite le « côté *T N*, on le trouvera de 47 $\frac{1}{2}$ parties ; ce qui nous « apprend que l'impulſion de l'eau ſur le Globe eſt de 47 $\frac{1}{2}$ « livres, & que la vîteſſe du Navire eſt de 2. 1 lieues, ou de « 2 lieues & un dixiéme. «

99. Si l'on examine avec la Bouſſole ou avec un Com- « pas de variation la direction que prend la corde pendant « l'expérience, on aura plus exactement, que par aucune « autre méthode, le rumb de vent que ſuit le Navire. Il « faut néanmoins toujours pour cela que le boulet ſoit aſ- « ſez deſcendu dans l'eau ; il ſera facile de s'en aſſûrer, « en le faiſant deſcendre encore davantage. L'effort me- « ſuré dans le vaiſſeau ne ſera plus le même, & la ſitua- « tion de la corde, quant à ſon inclination, deviendra auſſi « différente ; mais l'opération doit toujours donner à la fin « le même triangle *G S T*, ſi le Globe eſt plongé dans « l'eau tranquille. On peut, pour former les triangles avec « plus de facilité, ſe ſervir d'un inſtrument qui eſt entre «

Fig. 52. » les mains de tous les Pilotes, & ſur lequel on trouve » tracés tous les triangles-rectangles poſſibles qui ont pour » côtés des lignes droites. Cet inſtrument ſe nomme le » *Quartier de Réduction*, & on peut l'employer auſſi pour » meſurer l'inclinaiſon de la corde à ſon entrée dans le » Navire. Il y a un fil attaché au centre du quartier, qui » peut devenir un fil à plomb.

100. » Lorſque la peſanteur de la corde ne ſera pas éga- » le à celle d'un pareil volume d'eau de Mer, la méthode » ne ſera pas tout-à-fait ſi préciſe, & il faudra avoir re- » cours à une eſpéce d'approximation. On a beſoin de » ſçavoir combien peſe dans l'eau, non pas toute la corde, » mais une partie de ſa longueur égale à *B F* ou *D P*, qui » eſt la quantité dont le Globe eſt au-deſſous de la ſur- » face de la Mer. La ligne *G R* dans la *Figure* 52, repré- » ſente la ſituation de la corde au point *R*, & *G T* ſa ſi- » tuation au point *C*. Il n'y a qu'à prendre le milieu entre » ces deux différentes ſituations ou inclinaiſons; & en » former un triangle qui ait pour hypothénuſe la peſan- » teur qu'a la partie *B C* de la corde dans l'eau; le côté » du triangle qui ſera ſitué ſelon la ligne à plomb, don- » nera la peſanteur qu'auroit la corde ſi elle étoit réduite » à la longueur *D C* ou *B F*. Or il faut retrancher de *G R* » cette peſanteur, ſi la corde peſe plus que l'eau; & il faut » au contraire ajoûter cette peſanteur à *G R* ſi la corde » peſe moins que l'eau, avant que de tranſporter *G R* en » *G T*, pour former le dernier triangle *G S T*. »



CHAPITRE IV.

De la Construction des Cartes Marines & de leurs Usages.

101. CONNOISSANT toutes les circonstances de notre route, nous pouvons tracer sur la Carte le chemin que nous avons fait. Mais avant que de traiter de cette opération & de toutes les autres que les Pilotes comprennent sous le nom de *Pointer* ou de *Compasser* la Carte, nous croyons qu'il est à propos d'insister un peu sur la nature même des Cartes Marines ou Hydrographiques, & d'expliquer la distinction qu'il y a entre celles qu'on nomme *Plates*, & celles qu'on nomme *Réduites*, à cause de leurs différentes constructions.

I.

De la Nature des Cartes plates.

102. Les Cartes plates sont les premiéres dont les Marins se soient servis : elles leur furent mises entre les mains par le Prince Henri Duc de Viseo, qui étoit fils de Jean, premier du nom, Roi de Portugal. On les nomme plates, parce que la partie du Globe qu'elles représentent, est supposée n'avoir pas de courbure sensible. On s'en sert encore à présent, quoiqu'il fût beaucoup meilleur de leur préférer toujours les Cartes réduites. Les Méridiens ou les lignes Nord & Sud, sont marqués par des lignes paralleles dans les premiéres ; au lieu que sur la terre, comme nous l'avons vû, les Méridiens vont se rencontrer aux deux Poles, en s'approchant les uns des autres, à mesure qu'on s'éloigne de l'Equateur.

103. Si l'on mesure dans la Carte de la Manche qu'on

trouvera à la fin de ce Livre, combien il y a de distance entre les deux Méridiens qui la terminent d'un côté & de l'autre, on trouvéra également 101 ou 102 lieues, en haut comme en bas, quoiqu'il dût y avoir en haut environ 6 lieues de moins. Plus la Carte plate a de hauteur ou d'étendue du Nord au Sud, plus elle est défectueuse. Son imperfection est encore plus grande, si la partie du Globe qu'elle représente est par une plus grande latitude : car alors le Pole est plus voisin, & les Méridiens différent donc davantage d'être paralleles. On sentit ce défaut aussi-tôt qu'on commença à se servir des Cartes plates, mais ce ne fut qu'après de longues tentatives qu'on réussit à y trouver la correction nécessaire.

II.

Des Lignes courbes que les Rumbs de vent suivent sur le Globe, & de la Forme qu'on a été obligé en conséquence de donner aux Cartes réduites.

(Voyez la Figure 53.)

104. Il semble qu'on pouvoit corriger le principal défaut des Cartes plates, en continuant de leur faire comprendre une assez petite étendue de la surface du Globe, mais en donnant aux Méridiens la situation qu'ils ont effectivement sur la Terre. Supposé que le Pole fût compris dans la Carte, elle prendroit la forme de la *Figure* 53, où toutes les lignes Nord & Sud vont se rencontrer au point *P*. Mais il naît une incommodité considérable de cette construction : les rumbs de vent sont marqués par des lignes courbes; & il est non-seulement difficile de les suivre sur la Carte, il n'est pas aisé non plus de mesurer les distances le long de ces lignes courbes. Si en partant du point *A*, on court au Nord-Est, on parcourra une

partie de la ligne courbe *A G I Z* qui fait une infinité de révolutions autour du Pole avant que d'y parvenir. L'Eſt-Nord-Eſt marche en dehors ; il eſt marqué par *A S T V* ; & il fait de plus grandes révolutions autour du Pole ; mais il s'y rend comme tous les autres rumbs de vent. C'eſt le long de ces lignes courbes ſur la Carte qu'il faudroit meſurer le chemin fait par le Navire dans les routes obliques. Figure 55.

105. Les rumbs de vent ne peuvent pas manquer d'être repréſentés par des lignes courbes ; car chacun de ces rumbs fait toujours un angle égal avec tous les Méridiens qu'il coupe. Le Nord-Eſt fait au point *A* un angle de 45 degrez avec la ligne Nord & Sud *A P* : mais lorſqu'on arrive en *F*, l'aiguille de la Bouſſole ne prend pas une direction parallele à celle qu'elle avoit dans le point *A* ; elle ſe place ou ſe dirige ſur *B F P* ; car elle indique toujours le Méridien pour l'endroit où l'on eſt. Ainſi la ligne du *NE* ſouffrira une inflexion en *F*, pour faire un angle de 45 degrez avec la ligne Nord & Sud *F P*. La même choſe ſe fera en *G*, en *H*, en *I*, &c. A chaque pas que nous faiſons, l'aiguille aimantée ſe détourne, & le rumb de vent du *NE*, en ſe détournant auſſi, pour faire toujours un angle de 45 degrez avec le Méridien, doit donc former une ligne courbe *A G I Z*, qui ne ſera pas un cercle, mais qui fera une infinité de tours de plus petits en plus petits, en approchant du Pole *P*.

106. Ce doit être la même choſe de tous les autres rumbs de vent. Si au lieu de ſuivre exactement l'Eſt, on ſuivoit l'Eſt 1 degré Nord, ou l'Oueſt 1 degré Nord, chaque révolution qu'on feroit autour du Pole, ne produiroit guére d'augmentation en latitude ; on n'avanceroit que très-peu vers le Nord, mais néanmoins la route ne feroit pas un cercle, elle ſouffriroit un nouveau détour à la rencontre de chaque Méridien ; & après un nombre infini de révolutions, elle ſe termineroit au Pole ; elle ſe termineroit à celui du Nord, parce que la route tient du Nord ; & elle iroit de la même maniére ſe rendre au Pole du Sud, ſi la route tenoit du Sud.

Fig. 53. 107. Quant à l'Eſt ou à l'Oueſt, lorſqu'on les ſuit exactement, le cas n'eſt pas le même. Lorſqu'on les ſuit, on parcourt un parallele à l'Equateur, on ne change point de latitude ; & après avoir décrit un cercle entier, on revient préciſément au point dont on étoit parti. Si lorſqu'on part du point *A* pour aller à l'Eſt, l'aiguille aimantée ne ſe détournoit pas ſans ceſſe, on ſuivroit la direction *A K* ; & marchant toujours, pour ainſi dire, en ligne droite, on iroit rencontrer l'Equateur dans un point éloigné de 90 degrez. Mais, l'aiguille aimantée indiquant continuellement le Nord, l'Eſt change de ſituation ſur chaque Méridien, pour le couper perpendiculairement ; & le Pole eſt comme le centre du cercle qu'on décrit.

108. Il faut remarquer que cette même diſtinction que nous venons de mettre entre l'Eſt prolongé en ligne droite par rapport à un point, & l'Eſt décrit actuellement en ſe ſervant de la Bouſſole, a lieu à l'égard de tous les autres rumbs de vent. Lorſqu'on eſt en *A*, l'objet *R* qui eſt une montagne ou un cap fort élevé, paroît au *N E*. Cette direction n'eſt autre choſe pour le point *A* que le *N E* prolongé comme en ligne droite : mais lorſqu'en partant du point *A*, on ſuivra effectivement le *N E*, les diverſes ſituations que la Bouſſole doit prendre, à cauſe de la propriété qu'elle a de marquer le Nord en chaque endroit, influeront continuellement ſur la route qu'on fera ; & au lieu de ſe rendre au point *R*, on paſſera plus vers le Pole, en traçant la courbe *A F G*.

109. La courbure des rumbs ſur la terre, leur a fait donner le nom de *Loxodromies.* Il n'y a que les Méridiens ou les lignes Nord & Sud, qu'on ne puiſſe pas comprendre entre ces lignes courbes ; parce qu'en les ſuivant on ſe trouve conduit directement au Pole, comme en ligne droite. Il peut paroître déſavantageux de ſuivre dans les routes obliques ces Loxodromies ou lignes courbes plus longues, pendant qu'on pourroit aller au même but par une voie plus courte. Mais on a de bonnes raiſons pour

rester très-attaché à l'usage de la Boussole : d'ailleurs on peut assûrer que le désavantage dont il s'agit, n'a jamais lieu dans la Pratique. Toutes les Mers sont interrompues par des Isles ou par des Continens ; ce qui est cause qu'on est assujetti dans toutes les navigations à changer plusieurs fois de directions, & on en change encore pour chercher les vents favorables, ou pour remplir d'autres vûes particuliéres. Il arrive donc que chaque portion de la route qui n'est point interrompue, est très-courte, & qu'elle ne différe guére d'être droite, quoique la Loxodromie entiére qu'on traceroit sur le Globe, fût très-courbe. Fig. 53.

110. Mais le Pilote se trouveroit jetté dans quelque embarras, s'il lui falloit *compasser* une Carte semblable à celle de la *Figure* 53 ; s'il lui falloit trouver, par exemple, le rumb qui conduit du point *C* au point *I*. Il est vrai qu'on pourroit imaginer des pratiques pour cela ; mais on a souhaité quelque chose qui fût encore plus simple. Dès qu'on veut que les rumbs de vent soient des lignes droites sur les Cartes, on se met dans la nécessité de rendre les Méridiens paralleles entr'eux, & on rend les degrez des paralleles aussi grands que ceux de l'Equateur, quoiqu'ils dussent être plus petits dans toutes sortes de rapports, & se réduire à rien aux deux Poles. Mais il y a une maniére de donner à ces mêmes degrez une moindre valeur; c'est de les mesurer avec une échelle dont les parties soient plus grandes. Voici donc le parti qu'on prend. On fait croître sur la Carte réduite les degrez du Méridien dans le même rapport que les degrez de longitude devroient être plus petits ; & on prend toujours les degrez du Méridien pour la mesure de 20 lieues marines. Les degrez de longitude, ou les degrez des paralleles, se trouvent après cela comme plus petits, à mesure qu'on avance vers le Pole. Il faut considérer la Carte réduite, comme un assemblage de Cartes plates différentes, placées les unes au-dessus des autres, & qui n'ont pas les mêmes échelles de lieues.

Figure 53. 111. Lorsqu'on construit une Carte, on a la liberté de faire l'échelle de quelle grandeur on veut, pourvû qu'on ait soin de garder tous les rapports que doivent avoir entr'elles toutes les parties qu'on se propose de décrire. Or c'est ce qu'on observe exactement dans la Carte réduite, en convertissant en ligne droite le rumb de vent, ou la Loxodromie *AFGI* de la *Figure* 53. Il est vrai qu'on rend plus grandes toutes les parties *LF*, *MG*, *NH* des paralleles; on les fait égales à celles de l'Equateur : mais on augmente dans le même rapport les parties correspondantes *AL*, *FM*, *GN* &c. des Méridiens, de même que celles de la Loxodromie *AF*, *FG*, *GH*, &c. Ainsi en prenant les parties du Méridien pour échelle, on trouvera les parties de la Loxodromie & les parties des Paralleles de la même grandeur que sur le Globe. Nous pourrions nous dispenser d'ajoûter que l'étendue des Mers, des Isles, de toutes les Terres est également augmentée sur la Carte vers les Poles, afin que rapportées à leur échelle, elles ayent la grandeur convenable. Les Poles malgré l'extrême étendue qu'ils ont dans la Carte, doivent être aussi réputés des points; & il faut pour cela que les parties du Méridien auxquelles on les compare, soient infiniment augmentées en cet endroit.

III.

Construction des Cartes réduites.

112. » Les degrez des Paralleles diminuent de lon-
» gueur dans le même rapport que les circonférences de
» ces cercles, & les circonférences diminuent comme les
» rayons. Mais si on jette les yeux sur la *Figure* 37, &
» qu'on fasse attention que tous les Paralleles ont leur cen-
» tre dans l'intérieur de la terre sur l'axe ou sur le diamé-
» tre conduit d'un Pole à l'autre, on verra que les rayons
» des Paralleles sont les Sinus de complément des latitu-
des.

des. Le rayon du Parallele *GH*, par exemple, eſt le Sinus de l'arc *GN* qui eſt la diſtance du point *G* au Pole, ou le complément de ſa latitude. Ainſi lorſqu'on avance vers les Poles, les degrez des Paralleles diminuent de grandeur, dans le même rapport que les Sinus de complément des latitudes. Si on eſt éloigné de l'Equateur de 60 degrez, on ſera éloigné du Pole de 30 degrez; & le Sinus de 30 degrez étant la moitié du Sinus total, la circonférence de ce Parallele ſera deux fois plus petite que celle de l'Equateur, les degrez de longitude ſur ce Parallele ne ſeront que de 10 lieues; ils ſeront deux fois plus petits que ceux de l'Equateur. Mais puiſqu'on doit faire augmenter les degrez du Méridien dans le même rapport, que les degrez des Paralleles devroient être plus petits, & que nous les rendons réellement plus grands, il faut faire croître les degrez du Méridien comme les Sécantes des latitudes, conformément à ce que nous avons vû dans le Livre premier N°. 84. «

113. On ne réuſſiroit pas à graduer aſſez exactement le Méridien, ou à trouver la grandeur qu'il faut donner à chacun de ſes degrez, ſi on traçoit un quart de cercle, pour y prendre ſucceſſivement toutes les Sécantes. Au lieu de faire l'opération par une figure, on l'a faite par le calcul, & elle eſt devenue d'une préciſion incomparablement plus grande. On ne s'eſt pas contenté de chercher la grandeur des degrez, on a même cru néceſſaire de chercher celle des minutes; mais il n'a pas été néceſſaire d'aller plus loin. Car on peut ſuppoſer, ſans erreur ſenſible, qu'une petite partie de la ſurface de la Mer qui n'a qu'une minute de degré ou un tiers de lieue marine en chaque ſens, eſt exactement plane; & que la petite portion de la Loxodromie qu'elle comprend, ne ſouffre aucune fléxion. «

114. Si on prenoit le Sinus total 100000 pour repréſenter la grandeur de la minute de longitude ſur l'Equateur, il n'y auroit qu'à chercher les Sinus de 89 deg. «

» 59 m, de 89 d. 58 m, de 89 d. 57 m. &c. & on auroit, si
» on en avoit beſoin, la grandeur de la minute ſur tous
» les Paralleles qui ſe ſuivent, & qui ſont par 1 m, 2 m, 3 m,
» &c. de latitude. En continuant, on trouveroit 50000
» pour la grandeur de la minute du Parallele de 60 degrez
» de latitude, & on auroit des nombres encore plus petits
» ſur les Paralleles plus avancés : ce qui montre que la mi-
» nute de longitude ſur le Parallele de 60 degrez, n'eſt
» déja que d'un demi-tiers de lieue, & que plus vers le
» Pole, elle eſt encore plus petite. Mais puiſqu'il faut
» faire augmenter l'étendue des minutes du Méridien dans
» le même rapport que les minutes des Paralleles dimi-
» nuent, & qu'il faut pour cela les faire augmenter comme
» les Sécantes, nous n'avons qu'à prendre toutes les Sé-
» cantes ſucceſſives de 1 m, de 2 m, de 3 m, &c. on aura
» la grandeur qu'il faut donner aux minutes du Méridien
» dans la Carte réduite. Lorſqu'on ſera parvenu à 60 deg.
» de latitude, les Sécantes ſeront deux fois plus grandes :
» ainſi la minute du Méridien ou le tiers de lieue ſera re-
» préſenté en cet endroit ſur la Carte par de petits eſpa-
» ces deux fois plus grands, & la minute correſpondante
» de longitude ſe trouvera donc comme deux fois plus pe-
» tite, elle ne ſe trouvera que d'un demi-tiers de lieue
» comme ſur le Globe. Enfin, ſi on fait des ſommes de
» 60 en 60 de toutes ces Sécantes, on aura la grandeur
» qu'on doit donner à chaque degré.

115. » Le calcul ſera d'autant plus exact, qu'on n'aura
» point à craindre d'erreur de la part des fractions, à cauſe
» de la grandeur des nombres qu'on employera. Ces nom-
» bres ſont 100000 fois trop grands : ainſi pour les rédui-
» re, il faudra retrancher les cinq premiéres figures à la
» droite ; & ce ſeront celles de la gauche qui marqueront
» la grandeur fictice qui convient aux degrez du Méridien.
» C'eſt de cette ſorte qu'on a calculé, en ſe livrant à un
» travail qui eſt un peu long, la Table des *Latitudes croiſ-*
» *ſantes ou réduites*, que nous donnerons dans le dernier

Livre. Cette Table suppose que chaque degré de lon- « gitude sur les Paralleles, est de 60 parties, ou est égal « à 60 minutes prises sur l'Equateur. Si on veut, par exem- « ple, marquer sur la Carte l'étendue de 40 degrez de « longitude, on prend sur une échelle de dixme 2400 par- « ties, qui est le produit de 40 par 60. Mais pour avoir la « longueur qu'il faut donner à 40 degrez de latitude sur la « Carte réduite, il faut la chercher dans la Table des *La- « titudes réduites*, ou *parties méridionales*, & on trouve 2623 « parties : ce nombre est la somme de toutes les Sécantes « de minute en minute jusqu'à 40 degrez. «

116. Nous devons cette méthode, de même que l'i- « dée distincte des Cartes réduites à Edouard Wright, le « même dont nous avons quelques Observations Astrono- « miques dans Horroccius. On a souvent attribué cette dé- « couverte au fameux Gérard Mercator, quoiqu'il n'ait « fait autre chose, que mieux régler dans les Cartes ordi- « naires la grandeur des degrez des Paralleles. Edouard « Wright publia ses Recherches en 1599; son Livre qui « a pour titre : *Certaine Errors in Navigation detected and « corrected*, & qui contient plusieurs Cartes réduites, fut « réimprimé en 1610 : cependant on en retira peu de fruit « pendant plusieurs années. On voit à la fin des Commen- « taires de Magin sur la Géographie de Ptolomée, qui fu- « rent publiés en 1617, une Carte plate, destinée à l'usage « des Navigateurs, mais extraordinairement défectueuse ; « puisqu'on crut pouvoir y représenter toute la Terre, & que « chaque Pole, au lieu d'y être équivalent à un point, y a « réellement autant d'étendue que tout l'Equateur. Snel- « lius donna son *Tiphys Batavus* en 1624 : ce Livre est écrit « d'une maniére très-obscure, qui ne nuisit pas à la grande « réputation que l'Auteur méritoit par ses autres ouvrages. « Cette obscurité fut cause, & elle l'est encore tous les « jours, qu'on attribue à Snellius une découverte qui ne « lui appartient nullement. Cet Auteur supputa avec suc- « cès, comme l'avoit déja fait Wright, le rapport qu'il y «

» a sur le Globe entre les grands arcs de latitude & ceux » de longitude, pour toutes les différentes Loxodromies » ou les différens rumbs de vent. Mais quoiqu'il n'eût qu'un » pas à faire, & qu'il lui suffisoit de considérer sous un au- » tre aspect les Tables qu'il calculoit, il ne lui vint point » en pensée d'en représenter les nombres par des lignes; » la chose ne lui parut pas possible, ou il n'en sentit pas » l'utilité, & il ne connut point les Cartes réduites, non » plus qu'Adrien Métius, qui écrivoit vers 1630, & qui » étoit, ce semble, extrêmement instruit des matiéres » de Marine. Ce fut néanmoins vers ce même tems que » l'usage s'en introduisit en France, & qu'on traça les » premiéres à Dieppe, si l'on s'en rapporte au témoignage » du P. Fournier. Nicolas Bon du même endroit, qui pu- » blia en 1618. un Livre sous le titre d'*Hydrographie*, en » avoit entendu parler; mais il s'imaginoit que la réduc- » tion dont on faisoit du bruit, avoit quelque rapport à la » variation ou déclinaison de l'aimant.

117. » Au surplus, quoique les Cartes réduites soient » une des plus belles inventions de l'esprit humain, & » qu'elles soient très-propres pour la navigation, elles ne » donnent pas une peinture assez naturelle du Globe, & si, » on le peut dire, l'artifice avec lequel elles sont con- » struites, est trop grand. Toutes les Cartes terrestres sont » des espéces de tableaux qui nous représentent une par- » tie du Globe terrestre, lorsqu'on les considére d'un point » déterminé : au lieu que le point de vûe est différent » dans les Cartes réduites pour toutes les latitudes; & les » régles de la Perspective y sont continuellement vio- » lées. Lorsqu'on jette les yeux sur l'Islande, on est tenté » de croire que cette Isle a beaucoup d'étendue : il faut, » pour la comparer aux autres parties de la Terre, réduire » chacune de ses dimensions à moins de moitié; car » l'échelle de 20 lieues qui sert à la mesurer, est plus de » deux fois plus grande que 20 lieues prises vers l'Equa- » teur. L'altération apparente est encore plus énorme plus

haut, puisque le plus petit espace qui touche au Pole, « est représenté par un espace immense sur la Carte, & « qu'il n'y a que la réduction à laquelle il faut être toujours « attentif, qui sauve ce défaut. Je ne doute pas que tou- « tes ces considérations n'eussent fait préférer le modèle « de Carte de la *Figure* 53, si on eût navigué plus fréquem- « ment vers le Pole, & qu'on eût pû pénétrer plus loin « par Mer dans les Zones glaciales. »

CHAPITRE V.

Opérations ou Pratiques sur les Cartes Marines.

118. LA plûpart des Opérations qu'on peut faire sur les Cartes, sont communes aux plates & aux réduites. Nous allons expliquer d'abord la maniére de *pointer* les premiéres, & nous spécifierons ensuite les attentions qu'il faut avoir de plus dans l'usage des secondes. Nous séparerons, comme on le fait ordinairement, ces Opérations en différens Problêmes ou en diverses questions de Pratique qui sont à résoudre.

I.

PREMIER PROBLE'ME.

119. On connoît le rumb de vent qu'on a suivi, & le chemin qu'on a fait, ou les lieues de distance : on demande le point où l'on est arrivé?

120. Nous nous proposerons un exemple, pour fixer davantage toutes nos idées. Nous sommes partis du Nord de l'Isle d'Oüessant, du point marqué *A* dans la Carte de la Manche. L'usage du Loch nous a appris que nous avons fait 40 lieues; nous faisions deux lieues & demie par heure,

& nous avons marché pendant 16 heures: Nous sçavons de plus par la Bouſſole que nous avons couru exactement au *NE*; nous voulons marquer après cela ſur notre Carte l'endroit où nous nous trouvons actuellement.

121. *Solution.* Le *NE* & le *SO* forment la même ligne; on court au *NE* ou au *SO*, ſelon le ſens dans lequel on va. Si le point *A* du départ ſe trouvoit par hazard ſur la ligne du *NE* & du *SO* de la roſe marquée dans la Carte, la route du Navire ſeroit déja toute tracée. Le point *A* eſt à une certaine diſtance du *NE* ou du *SO* de la roſe; il eſt donc queſtion de conduire du point *A* une ligne droite *AC* qui ſoit parallele à ce rumb de vent. Il n'y a qu'à prendre avec un compas la diſtance la plus courte *AB* du point *A* au *NE*; on fera mouvoir le compas en faiſant enſorte qu'une de ſes pointes ſuive le *NE*, & l'autre pointe tracera en même tems la route *AC*. Mais il y a encore une autre condition à remplir; car nous avons fait 40 lieues. C'eſt pourquoi il faut prendre 40 lieues avec un autre compas, & les porter depuis *A* juſqu'en *C*; & nous aurons dans ce dernier point l'endroit où nous ſerons arrivés. Nous avons pû dans cet exemple prendre les 40 lieues en une ſeule fois; mais il n'y auroit aucun inconvénient à prendre la longueur du chemin par parties, & on y eſt quelquefois obligé.

122. Le point *C* de l'arrivée étant trouvé, on eſt à portée de régler ſa navigation, & de voir la route qu'il faut prendre, ſelon qu'on veut s'approcher des côtes de France ou d'Angleterre. Il nous eſt facile auſſi de trouver ſur la Carte la latitude par laquelle nous ſommes, il n'y a qu'à chercher vis-à-vis de quel point nous répondons de l'un ou de l'autre des Méridiens gradués qui ſont aux deux côtés de la Carte. Si l'on prend la diſtance du point *C* au parallele qui termine la Carte par en-bas, & qu'on porte cet intervalle ſur un des Méridiens gradués, on trouvera que notre latitude eſt de 50 degrez.

123. On peut encore demander deux choſes; com-

bien nous avons *gagné* ou avancé vers le Nord, & combien nous avons avancé vers l'Eſt ? Si nous avions marché exactement ſur un parallele à l'Equateur, en courant à l'Eſt, nous euſſions ſuivi la ligne *AD*, & nous n'euſſions ni monté vers le Nord, ni deſcendu vers le Sud. Nous avons donc monté vers le Nord de toute la quantité *DC*, que nous déterminerons aiſément en conduiſant *AD* parallelement à quelqu'une des lignes Eſt & Oueſt que nous offre la Carte, & en tirant *CD* parallelement à quelqu'une des lignes Nord & Sud. *CD* qui marque la quantité dont nous avons avancé vers le Nord, eſt d'environ $28\frac{1}{2}$ lieues, & ſi l'on meſure notre progrès *AD* vers l'Eſt, on le trouvera de la même quantité.

124. *Second Exemple du même Problême.* Etant parvenus au point *C*, nous avons changé de route, & nous avons fait 25 lieues à l'$E\frac{1}{4}NE$: Nous voulons ſçavoir notre nouveau point d'arivée.

125. *Solution.* Il ne s'agit que de chercher l'$E\frac{1}{4}NE$ ſur la roſe, d'y tracer une ligne parallele *CE*, & de donner à cette ligne 25 lieues de longueur. On trouvera le point *E* qui eſt par $50^{d}.\ 15^{m}.$ de latitude; de ſorte que nous ſommes de 15 minutes, ou de 5 lieues plus vers le Nord que dans l'autre point. Nous ſommes plus vers le Nord de la quantité *FE*, & nous ſommes en même tems beaucoup plus vers l'Eſt à proportion; parce que la route tient beaucoup plus de l'Eſt que du Nord. Nous avons avancé vers l'Eſt dans cette ſeconde route de toute la quantité *CF* qui eſt d'environ $24\frac{2}{3}$ lieues, & qui produit notre changement en longitude, de même que *FE* produit notre changement en latitude.

126. *Troiſiéme Exemple du même Problême.* Etant arrivés en *E*, on a encore changé de route, & on a fait 17 lieues à l'*ESE* 5 deg. 30 min. *S*.

127. Il ſe trouve preſque toujours des degrez joints aux rumbs de vent qu'on a courus, à cauſe de la variation de la Bouſſole & de la dérive dont nous avons parlé

N°. 55, & ſuiv. Quoique les intervalles entre les rumbs de vent ſoient de 11 deg. 15 min. on ſuppoſe, pour plus de facilité ſur la Carte, qu'ils ne ſont que de 11 degrez; & quelquefois on les ſuppoſe de 12 degrez par le même motif. Dans le cas préſent, il faut prendre le milieu entre l'*ESE* & le *SE* $\frac{1}{4}$ *E*. Notre route *EG* que nous voulons tracer, doit donc être parallele à cette ligne de milieu qui eſt indiquée par *HL*. Du point *E* comme centre, nous avons décrit le petit arc *H*, pour nous aſſûrer que nous prenions la diſtance la plus courte, & nous avons fait la même choſe du point *G*, en traçant le petit arc *L*. On voit aſſez que les 5 deg. 30 min. que nous prenons, ſont vers le Sud; & qu'il eût fallu les prendre de l'autre côté de l'*ESE*, ſi nous avions couru à l'*ESE* 5 deg. 30 min. *E*. Enfin il y a 17 lieues depuis le point *E* juſqu'au point *G*. Ainſi nous ſommes arrivés en *G*, qui n'eſt pas fort éloigné du Havre de Grace, & qui eſt par 49 deg. 50 min. de latitude.

128. On trouvera la longitude du point *G* en examinant à quel point il répond du parallele gradué qui eſt au haut ou au bas de la Carte. Cette longitude qui commence au Méridien de l'Iſle-de-Fer, eſt de 17 degrez 43 minutes.

129. *Quatriéme Exemple du même Problême.* Nous réunirons dans un même exemple quatre routes que nous ſuppoſerons avoir faites ſucceſſivement, en prenant pour point de *Partance* le point *A* qui eſt aux environs de Bel-liſle & de l'Iſle-d'Ieu dans la Carte plate qui repréſente une partie des Côtes de France & d'Eſpagne. Nous avons couru

$23\frac{1}{2}$ lieues à l'*O* $\frac{1}{4}$ *NO*.
$25\frac{1}{2}$ lieues au *SSO*.
20 lieues au *SO* 5^{d}. *O*.
$27\frac{1}{2}$ lieues à l'*OSO* 6^{d} *O*.

Nous demandons l'endroit où nous ſommes arrivés.

130. *Solution.* La premiere route nous portera du point

A

A au point *D*, en nous faisant avancer vers le Nord de $4\frac{1}{2}$ lieues, & de 23 vers l'Ouest.

	Nord.	Sud.	Est.	Ouest.
I. route.	$4\frac{1}{2}$	. . . .	. . . .	23
II. route.	. . . .	$23\frac{1}{4}$	. . . .	$9\frac{2}{3}$
III. route.	. . . .	$12\frac{3}{4}$	. . . .	$15\frac{1}{3}$
IV. route.	. . . .	$7\frac{3}{4}$	. . . .	$26\frac{1}{3}$
		$43\frac{3}{4}$		
		$4\frac{1}{2}$		
Lieues au Sud & à l'Ouest.	. . . .	$39\frac{1}{4}$	. . . .	$74\frac{1}{3}$

La seconde nous fera passer du point *D* au point *E*, en nous faisant avancer $23\frac{1}{4}$ li. vers le Sud, & $9\frac{2}{3}$ li. vers l'Ouest. La troisiéme nous portera du point *E* au point *F*, en nous faisant avancer $12\frac{3}{4}$ lieues au Sud, & $15\frac{1}{3}$ li. à l'*O*. Enfin, la quatriéme nous fera passer du point *F* au point *G*, en nous faisant avancer d'environ $7\frac{3}{4}$ lieues au Sud, & de $26\frac{1}{3}$ à l'*O*. On a écrit ci-à côté sous les titres convenables, ces différentes quantités avancées vers le Sud & vers l'Ouest; on a ajoûté ensemble celles qui vont dans le même sens, & retranché les quantités qui sont en sens contraire: il est venu pour résultat $39\frac{1}{4}$ lieues au Sud, & $74\frac{1}{3}$ lieues à l'Ouest. C'est ce qu'on peut vérifier aisément, en examinant combien le dernier point *G* est plus vers le Sud & plus vers l'Ouest que le point de *Partance A*.

131. Nous nous sommes dispensés de tracer sur la Carte les triangles dont les routes *A D*, *D E*, &c. sont les hypothénuses; & il faut que les Pilotes s'accoutument à pointer leurs Cartes sans y tracer aucune ligne. Nous avons marqué pour la facilité de l'explication, le point *P* qui est exactement sur le même parallele que le point de Partance *A*, & sur le même Méridien que le dernier point d'arrivée *G*. Ainsi l'espace *A P* exprime la quantité ($74\frac{1}{3}$ lieues) dont on a avancé en tout vers l'Ouest par les quatre routes; pendant que *P G* marque la quantité ($39\frac{1}{4}$ lieues) dont on a avancé vers le Sud, eu égard à tout; & c'est à quoi nos quatre routes *se réduisent*.

SECOND PROBLÊME.

132. On connoît le rumb de vent qu'on a ſuivi, & la latitude par laquelle on eſt arrivé ; on demande les lieues qu'on a courues, & la quantité dont on a avancé vers l'Eſt ou vers l'Oueſt, & qui produit le changement en longitude ?

133. Suppoſons qu'on ſoit parti du point *A*, proche de l'Iſle d'Oüeſſant dans la Carte de la Manche, & qu'ayant couru aſſez conſidérablement au *NE*, on ait obſervé la latitude à la fin de cette route, & qu'on ſe ſoit trouvé par 50 degrez. On ſe ſervira de deux compas; l'un pour tracer la route parallelement au *NE* ſur la Carte, & l'autre pour reconnoître quand on ſera parvenu vis-à-vis du point de 50 degrez de latitude. Si l'on prend avec ce ſecond compas la diſtance du point de 50 degrez au haut du Méridien gradué, on fera enſorte que le point *C* ſoit à la même diſtance du parallele qui termine la Carte par en-haut. Le point *C* étant déterminé, on meſurera le chemin *A C* qui ſe trouvera de 40 lieues ; & on verra que la quantité *A D* dont on a avancé vers l'Eſt eſt de $28\frac{1}{2}$ lieues.

TROISIE'ME PROBLÊME.

134. On connoît la longueur du chemin qu'on a fait, & la latitude par laquelle on eſt arrivé ; on demande le rumb de vent qu'on a ſuivi, & la quantité dont on a avancé vers l'Eſt ou vers l'Oueſt.

On eſt, par exemple, parti du point *A* dans la Carte de la Manche, & ayant couru 40 lieues entre le Nord & l'Eſt, on eſt arrivé par 50 degrez de latitude. Je n'ai qu'à prendre 40 lieues ſur l'échelle, & les portant depuis le point *A*, je fais enſorte que l'autre pointe du compas tombe en *C* par 50 degrez de latitude. Le point *C* ſera le lieu de l'arrivée, & l'intervalle *A D* de $28\frac{1}{2}$ lieues ſera la quantité dont on aura avancé vers l'Eſt.

135. Il reste encore à trouver le rumb de vent : nous le découvrirons en choisissant celui qui peut nous conduire du point *A* au point *C*. Si on suit le *NE*$\frac{1}{4}$*N*, ou une parallele à ce rumb de vent, on passera beaucoup au-dessus du point *C*: on passera au contraire beaucoup au-dessous, en prenant le *NE*$\frac{1}{4}$*E*; mais en suivant le *NE*, on se rendra exactement d'un point à l'autre. On évitera tout tâtonnement en tendant un fil sur les deux points, ou bien en se servant d'une régle, au lieu de fil. On prendra avec un compas la distance du centre de la rose au fil ou à la régle, & cet intervalle transporté depuis *A* vers *B*, marquera tout d'un coup en *B* le rumb de vent convenable. Pendant qu'une des pointes du compas tracera ensuite la route du Navire en suivant la régle depuis le point *A* jusqu'au point *C*, l'autre pointe tracera le rumb de vent, qui passera par le centre de la rose.

QUATRIE'ME PROBLÊME.

136. Le point du départ & celui de l'arrivée étant donnés, on demande le rumb qu'il faut suivre pour se rendre de l'un à l'autre, & la quantité de chemin qu'il faut faire?

137. Il semble que ce Problême devroit être proposé le premier: on ne peut guére manquer lorsqu'on veut se rendre d'un Port à un autre, de chercher d'avance la route qu'il faut embrasser, & les lieues qu'il faut courir. Mais nous verrons dans la suite qu'on ne se sert presque jamais de cette route plus courte; & d'ailleurs l'ordre le plus naturel, en fait d'explications, c'est celui qui est le plus propre à les rendre claires. L'échelle des lieues met toujours en état de mesurer la distance d'un endroit à l'autre; & quant au rumb de vent, on le découvrira de la même maniére que dans le Problême précédent.

138. Si on demande, par exemple, la route qu'il faut tenir pour aller de l'Isle d'Oüessant à l'Isle de Wight, on

verra aiſément dans la Carte de la Manche que le $NE\frac{1}{4}E$ conduit trop à l'Eſt, & que le NE conduit trop au Nord. La direction qu'il faut ſuivre, eſt donc entre les deux: c'eſt à peu près le NE 4 ^{d}. E; car il faudra prendre à peu près le quart de la diſtance du SO au $SO\frac{1}{4}O$; mais le SO 4 ^{d}. O devient le NE 4 ^{d}. E, lorſqu'on va dans le ſens contraire, ou qu'on monte au lieu de deſcendre. On trouvera, ſi on le veut, ſans nul tâtonnement, ce même rumb de vent, en mettant une régle depuis l'Iſle d'Oüeſſant juſqu'à l'Iſle de Wight, & en prenant la plus courte diſtance du centre de la roſe à la régle. La diſtance d'Oüeſſant à l'Iſle de Wight ſe trouvera d'environ 64 lieues.

139. *Second Exemple du quatriéme Problême.* Nous avons, en partant du point A des environs de Belliſle & de l'Iſle-d'Ieu dans la ſeconde Carte, couru ſucceſſivement plûſieurs routes AD, DE, EF, FG, & nous voulons les réduire en une ſeule; nous voulons ſçavoir le chemin & le rumb que nous avons faits en ligne droite, depuis le point de partance A juſqu'au point d'arrivée G; il eſt évident que c'eſt un quatriéme Problême. Les routes dont il s'agit, ſont équivalentes à une ſeule de 85 lieues courues à l'OSO 5 ^{d}. S qui nous porte $39\frac{1}{4}$ lieues au Sud, & $74\frac{1}{3}$ à l'Oueſt.

140. *Troiſiéme Exemple du quatriéme Problême ſur la Carte réduite.* On demande la diſtance de l'Iſle-de-Fer à la Martinique & le rumb de vent qui conduit de l'une à l'autre? On trouvera que la premiére de ces Iſles eſt preſque par 28 ^{d} de latitude Nord, & que la ſeconde eſt dans le quinziéme degré de latitude auſſi Nord, & par environ 315 ^{d}. 30 ^{m}. de longitude. Le rumb de vent eſt à peu près l'OSO 4 ^{d}. 30 ^{m}. O; tous les autres rumbs conduiroient en-deſſus ou en-deſſous de la Martinique.

141. Quant à la longueur du chemin, ſa meſure naturelle, comme nous l'avons expliqué dans l'autre Chapitre (NN°. 110 & 111,) eſt la portion du Méridien gradué, compriſe depuis une latitude juſqu'à l'autre. On peut

prendre le tiers ou le quart de cet intervalle pour servir de mesure; on peut ajoûter ce tiers ou ce quart, ou toute autre partie, à l'intervalle entier; & l'opération sera toujours légitime, pourvû que la distance d'un lieu à l'autre soit exactement mesurée à proportion de l'espace entier qu'occupe sur le Méridien la différence en latitude. Il n'y a pas d'inconvénient néanmoins dans la pratique à embrasser immédiatement quelques degrez de plus ou de moins que la différence en latitude pour servir de mesure; on observe seulement, si l'on prend un ou deux degrez de plus ou de moins par en-haut, de prendre aussi un ou deux degrez de plus ou de moins par en-bas; afin de faire une espéce de compensation. Si on ouvre le compas dans le cas présent depuis 15 degrez jusqu'à 27, on aura 12 degrez, ou 240 lieues, & si on les répéte trois fois, on aura 720 li. mais ce ne sera pas encore toute la distance de l'Isle-de-Fer à la Martinique. On peut prendre le reste, & le porter vers le milieu de la différence en latitude, ou le comparer à la longueur des 12 degrez : on verra qu'il est d'environ 120 lieues: Ainsi la distance d'une Isle à l'autre est d'environ 840 lieues.

142. *Quatriéme Exemple du quatriéme Probléme sur la Carte réduite.* On demande le rumb qu'il faut suivre, & le nombre de lieues qu'il faut faire pour aller de la Bermude à l'Isle de Madère? Comme ces deux Isles sont par des latitudes peu différentes, on ne peut employer comme échelle dans la rigueur, qu'une très-petite partie du Méridien gradué; & l'opération devient plus difficile & moins exacte. Cependant comme l'inégalité entre les degrez marqués sur la Carte n'est pas grande en cet endroit, on peut embrasser d'une seule ouverture de compas 100 lieues, ou 5 degrez depuis 32 degrez de latitude jusqu'à 27; il faut répéter ces 100 lieues huit fois pour mesurer toute la distance, & on verra qu'il y a encore de plus 38 ou 39 lieues. Le rumb de vent est à peu près l'*E* 1 deg. 30 min. Sud.

CINQUIÉME PROBLÊME.

143. » Le rumb de vent étant donné & la longitude » de l'arrivée, on demande la latitude de l'arrivée & la lon» gueur du chemin ou les lieues de diſtance ?

144. » Si l'on part de la Martinique, & qu'on ait ſinglé » à l'*ENE* 4^{d}. 30^{m}. *E*, juſqu'à ce qu'on ſoit parvenu ſur » le premier Méridien, il ſera très-facile de trouver ſur la » Carte réduite le point où l'on eſt arrivé. En ſuivant l'*ENE* » 4^{d}. 30^{m}. *E*, & en ne s'arrêtant que lorſqu'on ſe trouve » par 360 degrez de longitude ou par zéro, on aborde à » l'Iſle-de-Fer même. Pour meſurer enſuite la longueur du » chemin, il faut employer, ainſi que nous l'avons déja » fait, la différence en latitude comme meſure. Je prends » 14 degrez depuis 14 degrez juſqu'à 28. Ces 14 degrez » valent 280 lieues, & en les répétant trois fois, ils me » donnent 840 lieues pour la diſtance d'une Iſle à l'autre.

SIXIÉME PROBLÊME.

145. » On connoît la longueur du chemin & la lon» gitude de l'arrivée, on demande le rumb de vent qu'il » a fallu ſuivre & la latitude de l'arrivée ?

146. » Ce Problême ne peut ſe réſoudre dans la ri» gueur que ſur la Carte réduite ; & il ſuppoſe même quel» que tâtonnement ; c'eſt à peu près la même choſe du » premier Problême. On eſt toujours ſujet à quelque tâ» tonnement ſur la Carte réduite toutes les fois qu'il s'a» git de meſurer le chemin, & qu'on ne connoît pas en» core les deux latitudes, celle du départ & celle de l'ar» rivée.

147. » Suppoſé qu'ayant parti de l'Iſle-de-Fer, & couru » 840 lieues entre le Sud & l'Oueſt, nous nous trouvions » par 315 degrez 30 min. de longitude ; nous ne ſçavons » pas le nombre de degrez de latitude qu'il nous eſt per-

mis de prendre pour échelle ; nous ne le sçavons pas, « parce que nous ignorons notre latitude de l'arrivée. Nous « feindrons donc au hazard que nous sommes arrivés par « 23 degrez de latitude-Nord, & nous prendrons 100 li. « depuis ces 23 degrez jusqu'à 28 qui sont au-dessus. Mais « on s'appercevra que les cinq degrez qu'on emploie, « sont trop grands, parce qu'en les répétant huit fois, & « en mettant encore 40 lieues de plus, pour faire les 840 « lieues, on arrive beaucoup plus bas que 23 degrez de la- « titude, si l'on veut en même tems que le point soit par « 315 degrez 30 min. de longitude. Ainsi il faut nécessai- « rement faire plusieurs tentatives ; & on ne doit se trou- « ver satisfait que lorsque l'intervalle qu'on a pris pour « mesure, convient avec la latitude par laquelle on arrive « effectivement, & qui est $14^{d}. 30'$ dans cet exemple. Au « surplus ce Problême, vû l'état actuel de la Navigation, « & la privation où nous nous trouvons de méthode immé- « diate & commode pour déterminer la longitude en Mer, « n'est pas d'une utilité présente. «

II.

Moyen de marquer sur la Carte le Point où l'on est à la vûe de deux Terres, avec plusieurs autres Opérations ou Pratiques importantes.

148. Lorsqu'on se trouve à la vûe de deux Terres, on peut, après les avoir relevées avec la Boussole ou le compas de variation, marquer fort aisément sur la Carte l'endroit où l'on est. Supposons qu'on puisse voir Bellisle d'assez loin, de même que l'Isle-d'Ieu, & que la premiére de ces Isles reste au $N\frac{1}{4}NE$, & l'autre à l'$E\frac{1}{4}SE$. Nous prendrons avec un compas ordinaire la distance du milieu de Bellisle au $N\frac{1}{4}NE$ dans notre seconde Carte, & fai-

ſant gliſſer une des pointes du compas le long du rumb de vent en deſcendant, l'autre pointe tracera une ligne parallele qui ſera la direction du $S\frac{1}{4}SO$ par rapport à Belliſle; mais le $N\frac{1}{4}NE$ par rapport au point comme A, d'où on voit Belliſle. Nous prendrons en même tems avec un autre compas la diſtance de l'Iſle-d'Ieu à l'$E\frac{1}{4}SE$, & traçant une ligne parallele à ce ſecond rumb de vent, nous aurons une ſeconde direction, & le concours des deux nous donnera le point A où nous nous trouvons néceſſairement. De ce point Belliſle reſte au $N\frac{1}{4}NE$, & l'Iſle-d'Ieu à l'$E\frac{1}{4}SE$; car ſi on ſuivoit l'un ou l'autre de ces rumbs de vent, on iroit rencontrer l'une ou l'autre Iſle.

149. On ſe ſert ordinairement de cette pratique pour marquer ſon point de *Partance* ſur la Carte, lorſqu'on entreprend un voyage de long cours. Le ſoir lorſqu'on eſt à la veille de perdre les Terres de vûe, on en reléve deux avec la Bouſſole; ce qui vaut beaucoup mieux que de n'en relever qu'une, & d'eſtimer à quelle diſtance on en eſt. Cependant il faut quelquefois avoir recours à ce ſecond moyen de fixer le commencement de ſa Navigation: on y eſt néceſſairement obligé lorſqu'on part d'une petite Iſle, & lorſqu'elle eſt ſeule.

Tranſporter un Point d'une Carte dans une autre.

150. Lorſqu'en pointant une Carte on ſe trouve à une de ſes extrémités, il faut paſſer dans une autre où ſoient marqués les mêmes endroits par leſquels finit la premiére. Alors on tranſporte le point d'une Carte dans l'autre, en le mettant à la même diſtance & au même rumb de vent par rapport à la même terre; & en obſervant de meſurer cette diſtance dans chaque Carte, avec ſa propre échelle.

151. *Exemple.* Suppoſons qu'en partant de Belliſle on ait fait 40 lieues à l'ONO, & qu'enſuite on ait viré de bord & fait

fait 45 lieues au *NE*. La premiére route tracée dans celle de nos Cartes, qui repréſente une partie des Côtes de France & d'Eſpagne, nous portera au point *B*. C'eſt dans ce point où on a viré de bord pour faire 45 lieues au *NE*; mais comme la Carte ne s'étend pas aſſez vers le Nord, je diviſe la ſeconde route en deux parties pour en tracer une ſur chacune des deux Cartes dont je me ſers. En partant du point *B*, je continue à faire le *NE* juſqu'à ce que je me trouve ſur le Parallele d'Oüeſſant, ou ſur la même ligne Eſt & Oüeſt que cette Iſle. Je termine donc la premiére partie de ma ſeconde route au point *C*; & je remarque que je ſuis éloigné de $5\frac{1}{2}$ lieues d'Oüeſſant du côté de l'Oüeſt, & que j'ai déja fait 15 lieues de ma ſeconde route. Ainſi il me reſte encore 30 lieues à courir dans l'autre Carte qui eſt celle de la Manche : Mais il faut, avant toutes choſes, tranſporter le point *C* d'une Carte dans l'autre. Je place ce point en *K* à $5\frac{1}{2}$ lieues à l'Oüeſt d'Oüeſſant, en me ſervant de l'échelle de cette ſeconde Carte ; le point *K* me tient lieu du point *C*; je cours de ce point *K* 30 lieues au *NE*, & j'arrive au point *M* qui eſt l'extrémité de ma ſeconde route.

152. L'opération eſt la même lorſqu'on paſſe d'une Carte réduite dans une autre ; & on a même toujours un ſecours de plus ; parce qu'il ſuffit, pour tranſporter le point, de le mettre par la même latitude & la même longitude. Mais il faut toujours s'aſſûrer auparavant ſi le premier Méridien eſt abſolument le même dans les deux Cartes. Lorſque ces Méridiens ſont différens, il faut réduire une longitude à l'autre. Suppoſé que le premier Méridien dans une des Cartes paſſe par l'Iſle-de-Fer, & que dans l'autre il paſſe par l'Obſervatoire de Paris, il y aura entre toutes les longitudes, 20 degrez de différence dont Paris eſt plus vers l'Orient que l'Iſle-de-Fer. Les longitudes ſeront plus petites dans la ſeconde Carte de cette quantité. Si l'on eſt par 330 deg. de longitude par rapport à l'Iſle-de-Fer, on ne ſera que par 310 par rapport à

Paris : ainſi ces deux nombres doivent ſe répondre exactement dans les deux Cartes ; ils doivent marquer les mêmes endroits, auſſi-tôt que les latitudes ſont auſſi les mêmes. Si l'on eſt par 5 degrez de longitude par rapport à l'Iſle-de-Fer, c'eſt précisément comme ſi l'on étoit par 365 degrez : & retranchant 20 deg. de cette longitude, on la réduira à 345 degrez pour Paris.

153. La différence eſt beaucoup moins grande entre les premiers Méridiens qui paſſent par l'Iſle-de-Fer & par le Pic de Ténérife ; c'eſt ce qui fait qu'on pourroit s'y tromper beaucoup plus aiſément. Un de ces Méridiens eſt éloigné de l'autre d'environ 2 deg. 3 min. il faut bien ſe reſſouvenir que l'Iſle-de-Fer étant la plus Occidentale des Canaries, toutes nos longitudes ſont plus grandes, auſſitôt qu'on les compte de l'Oüeſt vers l'Eſt. Ainſi pour réduire nos longitudes Françoiſes aux Hollandoiſes, qui ſe comptent depuis le Pic de Ténérife, il faut retrancher 2 deg. 3 min. des nôtres. Si on veut au contraire réduire les longitudes Hollandoiſes aux Françoiſes, il faut ajoûter 2 deg. 3 min. aux Hollandoiſes.

De la maniére de corriger le Point ſur la Carte, après qu'on a obſervé la Latitude.

154. Si le Pilote, en obſervant ſa latitude, en trouve une qui ne s'accorde pas avec celle que lui fournit la réduction de ſes routes ſur la Carte, c'eſt une marque qu'il s'eſt trompé dans l'eſtime qu'il a faite de ſon chemin, ou qu'il n'a pas réuſſi à déterminer aſſez exactement le rumb ſur lequel il a couru. On trouve immédiatement la latitude avec une très-grande préciſion en obſervant le Ciel ; & on eſt preſque toujours ſûr de l'exactitude de l'obſervation : au lieu qu'on eſt expoſé dans la Navigation à une infinité de différentes cauſes d'erreurs qui empêchent de

connoître la direction qu'on suit, & la vîtesse du sillage. On peut se tromper, & même de plus d'un degré, en travaillant à découvrir la variation de la Boussole. La Dérive est très-difficile à déterminer exactement; les mouvemens secrets de la Mer altérent non-seulement le sillage ou la longueur du chemin, ils altérent aussi la direction de la route. L'agitation réitérée & continuelle des vagues est encore un autre obstacle qui empêche le Navigateur de compter sur l'exactitude de ses déterminations; le Navire ne marche presque jamais constamment sur la même ligne; il se meut presque continuellement par *élans*, en s'écartant tantôt d'un côté, & tantôt de l'autre, du rumb qu'on veut suivre; & ces élans faits de part & d'autre, ne sont pas parfaitement égaux. Le Pilote n'est que trop excusable après tout cela, si, malgré ses plus grands soins, il est encore sujet à commettre des erreurs très-considérables. Un des moyens qu'il a de s'en appercevoir, mais qui malheureusement est trop borné, c'est d'observer la latitude toutes les fois que l'occasion s'en présente.

155. Suppofons, qu'en partant des environs de l'Isle d'Oüessant, du point *A* dans la Carte de la Manche, nous ayons fait les routes *A C*, *C E*, & *E G*, & que le Ciel ait été couvert pendant toute cette navigation; ce qui est cause que nos routes ne sont qu'*estimées*, c'est-à-dire, que ce n'est que sur le simple témoignage du Loch, & sur l'usage que nous avons fait de la Boussole, que nous croyons être arrivés en *G*. Lorsqu'on navigue dans le voisinage des terres, on se conduit en partie par les sondes; mais nous faisons ici abstraction de ce secours qu'on tire de la connoissance du *fond*; nous supposons seulement qu'arrivés en *G*, nous avons vû le Ciel, & qu'ayant observé la latitude, nous l'avons trouvée de 50 deg. 10 min. & non pas de 49 deg. 50, comme elle est indiquée sur notre Carte. Il ne nous est pas permis de douter après cela que nous ne nous soyons trompés dans notre estime: nous croyions être ar-

Voy. la Carte de la Manche. *Pl. VI.*

rivés en *G*, mais nous sommes arrivés 20 minutes plus haut ; & il faut donc nécessairement transporter notre point vers le Nord. C'est à cette opération qu'on donne dans la Marine le nom de *Correction.*

156. Les Pilotes distinguent ordinairement trois Corrections dont ils se servent selon les différens rumbs qu'ils ont suivis. Nous aurons occasion de nous expliquer davantage sur ce sujet : nous nous bornerons à dire ici que si nous n'avons aucune raison de soupçonner que nous nous soyons plutôt trompés en plus qu'en moins, quant à la longitude, nous devons croire que nos routes se sont faites seulement un peu plus vers le Nord ; & il nous faut transporter simplement notre point estimé *G* en *P* sur la même ligne Nord & Sud, par 50 deg. 10 min. de latitude, comme le prescrit l'observation à laquelle nous devons ajoûter foi. Souvent on a lieu de penser que les erreurs sont plutôt dans un certain sens que dans l'autre. Le voisinage des terres détermine presque toujours les courans à se mouvoir vers un certain côté : le vent outre cela entraîne les eaux de la surface de la Mer selon sa propre direction ; mais si on a déja eu égard à toutes ces choses, & qu'on ne sçache pas si l'erreur qu'on commet peut-être encore, porte vers l'Est ou vers l'Oüest, il semble qu'on n'a point d'autre parti à prendre que de corriger simplement le point *G* pour la latitude, en le mettant en *P*. Au reste il faut se ressouvenir que ces sortes d'opérations se ressentent toujours des conjectures sur lesquelles elles sont fondées. Quand même l'observation donneroit exactement 49 deg. 50 min. pour la latitude, on ne seroit pas sûr de ne s'être pas trompé dans son estime. Il n'y auroit point d'erreur quant à la latitude ; mais on pourroit être plus vers l'Est ou plus vers l'Oüest.

CHAPITRE VI.

Remarques générales ſur la Navigation, ſur la maniére de s'approcher de terre, de ſonder, &c.

I.

157. C'EST cette incertitude de la Navigation par rapport à la longitude qui eſt cauſe que lorſqu'on veut aller d'un Port à un autre, qui en eſt conſidérablement éloigné, on ne tente jamais de s'y rendre par le rumb de vent le plus direct. Si nous partons de quelque Port de France dans l'Océan, pour aller à la Martinique, nous courons d'abord aſſez à l'Oüeſt pour n'avoir rien à craindre de la part du Cap de Finiſterre, lorſque nous dirigerons notre route vers le Sud. Deux raiſons nous invitent enſuite à entrer promptement dans la Zone Torride; nous y trouvons des vents toujours favorables qui viennent continuellement de l'Eſt. Ce ſont les vents qu'on nomme *Aliſez*, dont la force, toujours la même, n'eſt pas ſujette à des repriſes comme celle des vents que nous reſſentons dans les autres Mers. En ſecond lieu, nous nous hâtons de nous mettre par la latitude de la Martinique, 14 deg. 30 min. & nous n'avons enſuite qu'à courir préciſément à l'Oüeſt: nous vérifions chaque jour, en obſervant la latitude, ſi nous ſuivons exactement cette route; & de cette ſorte nous ne pouvons pas manquer de rencontrer l'Iſle, malgré l'imperfection de notre Art quant à la longitude.

158. Si, au lieu de nous conformer à cette régle générale, nous dirigions de fort loin notre route ſur la Martinique, nous pourrions, en nous trompant ſeulement de quelques degrez ſur le rumb de vent, paſſer à 50 ou 60 lieues

de l'Isle, au risque de nous aller perdre sur quelqu'autre Terre. Outre cela, comme nous ignorerions de quel côté nous nous serions trompés, en manquant notre but, nous ne sçaurions pas s'il faudroit l'aller chercher à l'Est ou à l'Oüest. Nous évitons tous ces accidens, & nous assûrons le succès de notre navigation en poussant très-loin la précaution de nous mettre de bonne heure sur le parallele du lieu de l'arrivée. Lorsque nous aurons des méthodes immédiates & commodes de déterminer la longitude en Mer, nous pourrons aller alors plus directement au lieu de notre destination. Cependant comme nous devons croire que les occasions d'observer la longitude seront toujours moins fréquentes que celles de déterminer la latitude, on peut penser que l'usage présent ne sera jamais totalement abandonné.

159. On fait à peu près la même chose lorsqu'on revient de l'Amérique en France : on dirige d'abord sa route vers le Nord ; on se hâte de sortir de la Zone Torride, afin de trouver des vents moins contraires ; on single ensuite à l'Est, & on se met sur une latitude qu'on choisit & qu'on suit constamment. Cette latitude régle l'*atterrage*, & on prend exprès celle d'un Cap ou d'une Isle dont on puisse approcher sans risque, & qu'on puisse appercevoir de plus loin. S'il s'agit de *doubler* un Cap fort éloigné, il faut se conformer à la même pratique pour aller d'abord le reconnoître. Supposé que ce Cap soit environné d'écueils à une trop grande distance, on ira en reconnoître quelque autre en-deçà qui assûrera la longitude, & qui servira comme de nouveau point de Partance pour former l'espece de circuit qui doit comprendre la terre qu'on veut doubler.

160. C'est sur cette régle générale & sur la connoissance qu'on a des vents & des courans, qu'on doit dresser le plan de sa navigation. Les vents & les courans se dirigent vers l'Oüest dans presque toute l'étendue de la Zone Torride. Les premiers excitent les seconds : il est rare que

les vents soufflent long-tems du même côté, & que la surface de la Mer ne prenne pas de mouvement dans le même sens. Mais les terres qui sont dans la Zone Torride, détournent aussi les vents de leur premiére direction, & elles les en détournent d'une maniére qui est bien digne de remarque : les vents s'écartent de la ligne droite pour aller rencontrer les Côtes presque perpendiculairement. Il faut apparemment attribuer cet effet à la facilité qu'ont les Continents de s'échauffer plus que la Mer ; ils communiquent leur chaleur à la partie basse de l'air qui se trouve au-dessus, cet air devenant plus léger, parce qu'il se dilate en s'échauffant, tend à s'élever ; il céde en-bas sa place, & il donne lieu à l'air des environs de survenir en refluant, & de s'élever à son tour après s'être échauffé ; ce qui entretient une circulation continuelle, & ce qui fait que le vent souffle vers la terre de tous les côtés. C'est ce qu'on remarque en divers endroits de la Mer des Indes & de celle du Sud, de même qu'à une certaine distance d'Afrique dans notre Océan. Une partie de l'air entre les deux Continents suit la direction des vents alisez, en allant vers l'Oüest ; pendant que l'autre partie prend un autre chemin pour s'approcher de la Côte d'Afrique ; & l'espace du milieu qui n'est guére éloigné dans la Mer du Nord, de l'interfection de notre premier Méridien & de l'Equateur, est souvent sujet à des calmes & à des orages que les Marins ne sçauroient éviter avec trop de soin.

161. On verra à la fin de cet Ouvrage sur une Carte réduite qui représente presque tout le Globe terrestre, & qui est principalement destinée à marquer de combien étoit la variation de la Boussole en 1700 & 1744, la direction des vents réglés dans la Zone Torride & au-dehors, jusques vers le 31 ou 32 degrez de latitudes tant Septentrionale que Méridionale. On a marqué les directions des vents par de foibles hachures avec des fléches qui indiquent le sens dans lequel se fait le mouvement. On distinguera en divers endroits un double rang de fléches,

parce que les vents y changent de six mois en six mois, en prenant une direction toute opposée. On donne le nom de *Monsons* à ces alternatives de vents contraires qui dépendent des causes que nous venons d'indiquer, & qui n'ont effectivement lieu que dans les parties de la Zone Torride où la Mer est interrompue par plusieurs terres. Toutes les autres circonstances étant les mêmes, l'air est toujours déterminé à se mouvoir vers les Continents où la chaleur du Soleil est actuellement la plus forte.

162. La Mer participe à la fin aux changemens de directions du vent ; & on juge assez que de ces mouvemens il en résulte d'autres ; ou parce que les eaux sont plus sujettes à trouver des obstacles, & qu'elles rejaillissent par la rencontre des Côtes ; ou parce que les eaux qui viennent remplacer celles que le courant principal entraîne, forment nécessairement des courans particuliers. Nous ne devons pas entreprendre d'expliquer ces choses en détail : il nous suffit de bien persuader les Lecteurs qu'elles sont de la plus grande importance, & qu'ils ne doivent rien négliger pour s'informer de tout ce qui a rapport aux voyages qu'ils vont entreprendre. Nous raconterons ici un fait singulier qui est bien propre à en montrer la nécessité. Il n'y a pas long-tems qu'on mettoit dans la Mer du Sud plus d'un an pour faire le voyage du Chili, lorsqu'on partoit du Callao qui est le Port de Lima. Il ne tomboit dans l'esprit de personne qu'en prenant le large pour chercher les vents favorables ou plus variables, & se soustraire aux courans contraires, on n'employeroit qu'un mois & demi ou deux mois à faire cette même Navigation. Ce fut un Pilote Européen qui s'en avisa le premier ; mais il n'eut pas une médiocre peine à son retour, à justifier devant l'Inquisition de Lima qu'il n'étoit pas Magicien, & qu'il n'y avoit qu'à prendre la même route que lui pour naviguer aussi vîte.

II.

II.

De l'Ordre que les Pilotes doivent mettre dans la Réduction de leurs Routes.

163. Les obſervations que nous faiſons en Mer de la latitude, ſont indépendantes les unes des autres ; mais comme nous n'avons pas de ſemblables moyens pour déterminer notre longitude, & que nous ne réuſſiſſons qu'à la trouver à peu près par la réduction de nos routes, nous ne ſçaurions être trop attentifs à n'en pas perdre le fil. Les Pilotes ſe partagent en deux troupes pour *faire le Quart*, de même que tout l'équipage, & chaque troupe veille alternativement. On écrit avec de la craye ſur une eſpéce de tableau qu'on nomme *Table de Loch*, le nombre de nœuds qu'on fait, le rumb qu'on ſuit, la force & la direction du vent, & les autres circonſtances eſſentielles. C'eſt à cette Table que les Pilotes qui ſe repoſoient, ont recours, lorſqu'ils viennent ſe charger à leur tour du ſoin d'obſerver toutes les circonſtances de la Navigation. On réduit toutes les routes chaque jour, ordinairement d'un midi à l'autre, & le Pilote en fait entrer au moins le réſultat dans ſa Relation journaliére.

164. La forme du Journal eſt indifférente à bien des égards, mais on trouvera un avantage conſidérable à le diſtribuer par colomnes : on s'épargnera beaucoup d'écriture, & on aura la commodité dans un autre tems de retrouver beaucoup plus aiſément, & d'un ſimple coup d'œil, les choſes qu'on voudra y chercher. La Table ſuivante peut ſervir de modèle : nous allons en parcourir les différens titres, à cauſe de la double utilité qui peut en réſulter. En même tems que nous réglerons la diſtribution des articles, nous appercevrons mieux quelles ſont les matiéres ſur leſquelles il nous reſte encore à nous

expliquer, ou fur lefquelles il faudra infifter davantage dans la fuite.

165. *MODELE DE JOURNAL.*

Jours du Mois.	Qualités du Vent.	Voilure du Navire.	Diftance réduite eftimée.	Rumb réduit eftimé.	Amplitude du Soleil obfervée	Amplitude du Soleil calculée	Variation de la Bouffole.	Point eftimé. Latitude eftimée.	Point eftimé. Longitude eftimée.	Point corrigé. Latitude obfervée	Point corrigé. Longitude corrigée.
								D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
Mardi 3	NE frais.		25 li.	O$\frac{1}{4}$SO				20 19	349 56	20 30	349 20
Mercr. 4	NE fort.	Les quatre voiles majeures.	47$\frac{1}{2}$ li.	O 6 d. N	Occafe Nord 12 deg. 30 min.	9 d. 2 m.	3 d. 28 m. NO	20 45	346 48		
Jeudi 5	Calme jufqu'à 8 h. matin ENE foib.		8 li.	OSO 5 d. S				20 34	346 26		
Vendr. 6	E très-fort.		78 li.	OSO				19 5	342 35	19 25	342 35
Samedi 7	ESE très-fort.		79 li.	O				19 5	338 23		
Dim. 8											

166. On fpécifie à la tête du Journal toutes les circonftances qui caractérifent le Navire dans lequel on eft; comme fa grandeur, le nombre de pieds qu'il enfonce dans l'eau par l'avant & par l'arriére; & on indique auffi la deftination du voyage, autant qu'on le peut. Si l'on ne donne que 12 colomnes aux Tables, on aura au moins le foin de laiffer à côté un affez grand efpace pour pouvoir y marquer une infinité de différentes particularités dont il eft à

propos de conſerver la note. Nous nous ſuppoſons actuellement en pleine Mer. La premiére colomne de notre Table indique le quantiéme du mois ; nous marquons dans la ſeconde les qualités du vent ; on voit, par exemple, vis-à-vis du Mercredi 4, que le vent a été N E, aſſez fort ; & de la maniére dont nous comptons les jours, il faut que ce vent ait régné depuis le midi du Mardi 3, juſqu'au midi du jour ſuivant. Ainſi lorſqu'il ſe fait quelque changement, nous le mettons ſous un jour ou ſous l'autre, ſelon qu'il arrive avant ou après midi.

167. La troiſiéme colomne ſpécifie le nombre des voiles qui ſont déployées, & la maniére dont elles ſont orientées. Lorſqu'elles ſont diſpoſées obliquement par rapport à la quille, ou à la longueur du Navire, un de leurs angles d'en-bas eſt plus avancé vers la proue, & l'autre plus porté vers la poupe. L'endroit du Navire où ſe termine vers l'avant la grande voile, lorſqu'elle eſt diſpoſée le plus obliquement, ſe nomme l'*Amure*, & on ſpécifie ſi la voile eſt *amurée* du côté droit ou du côté gauche. Le côté droit du Navire répond à la droite du Pilote, qui regarde vers l'avant. Ainſi ſi les voiles ſont orientées comme dans la *Figure* 47, on dit qu'elles ſont amurées du côté droit ou du côté de *Stribord*, pour parler comme les Marins. Elles ſont en même tems *bordées* ou tirées vers la poupe par l'autre angle, & c'eſt du côté gauche ou de *Baſbord*.

168. La quatriéme & la cinquiéme colomnes marquent le chemin & le rumb eſtimés & réduits. On fait preſque chaque jour d'un midi à l'autre pluſieurs petites routes ; mais elles ſont équivalentes à une ſeule, de même que les quatre routes particuliéres *AD*, *DE*, *EF*, *FG* ſe réduiſent à une ligne droite qu'on tireroit de *A* en *G* dans notre ſeconde Carte. On a donc marqué 47 $\frac{1}{2}$ lieues à l'O 6 deg. N, vis-à-vis du Mercredi 4, parce que toutes les petites routes qu'on ne rapporte pas en détail, mais qu'on a faites depuis le Mardi 3 à midi juſqu'au 4 à midi, ſont

équivalentes à une ſeule route de $47\frac{1}{7}$ lieues courues ſur l'O 6 deg. N. Nous pouvons nous diſpenſer de répéter que la quantité du chemin de chaque route particuliére a été meſurée avec le Loch, & que le rumb de vent que nous regardons comme eſtimé, a cependant déja été corrigé de l'erreur de la dérive & de celle que produit la variation de la Bouſſole. Nous le nommons *eſtimé*, malgré toutes ces corrections ; parce qu'il peut encore ſe trouver ſujet à de très-grandes erreurs, de même que la quantité du chemin.

169. Les trois colomnes ſuivantes ont rapport à la variation de la Bouſſole, dont la connoiſſance a ſervi à rectifier les rumbs de vent déja marqués. Ces trois colomnes auront ordinairement de grands vuides, parce qu'on n'obſerve pas en Mer la variation auſſi ſouvent qu'on le ſouhaiteroit. On ſe reſſouvient qu'il faut obſerver à combien de diſtance le Soleil ſe léve ou ſe couche de l'Eſt ou de l'Oueſt de la Bouſſole *, & qu'on compare cette diſtance avec celle que fournit le calcul. L'une eſt l'amplitude obſervée, & l'autre l'amplitude calculée. Les amplitudes occaſes marquées vis-à-vis du Mercredi 4, appartiennent au Mardi au ſoir, à cauſe de notre maniére de compter les jours.

* Voy. ci-devant No. 67.

170. La neuviéme & la dixiéme colomnes marquent la latitude & la longitude du point eſtimé. On y voit pour chaque midi l'endroit de la Mer où le Pilote croit être ; c'eſt ici ſon point eſtimé, qu'il entreprend de corriger, lorſque le Ciel lui permet d'obſerver la latitude. Il l'obſerva le 3 à midi, & il corrigea en conſéquence ſon point dont la latitude & la longitude ſont marquées dans la onziéme & la douziéme colomnes. Le Pilote employa enſuite les latitude & longitude de ce jour-là, pour trouver celles du 4 & du 5 par le moyen des routes eſtimées, mais comme il n'eut point d'obſervation de latitude ces deux mêmes jours, ſa Navigation n'eſt qu'eſtimée. Le 6 il obſerva la latitude de 19 deg. 25 min. lorſqu'il croyoit être par

19 deg. 5 min. & il dût alors corriger ſon point, au moins quant à la latitude.

171. On continue ainſi de jour en jour juſqu'à la fin de ſa Navigation ; mais on doit ſe tenir ſur ſes gardes dans le tems même qu'on ſe croit encore aſſez loin de terre, & ne donner toujours qu'une médiocre confiance à ſon travail. Il faut aller de nuit à petites voiles, lorſqu'il n'y a point encore de péril à craindre ; & il eſt même de la prudence quelquefois, lorſque les nuits ſont longues & obſcures, de reprendre un peu le large, c'eſt-à-dire, de courir non pas parallelement à la Côte, mais de s'en écarter de quelque quart de vent. L'uſage de la Sonde eſt d'un grand ſecours dans ces rencontres. Il ſuffit quelquefois de ſçavoir combien il y a de fond ou de profondeur d'eau pour pouvoir avec l'obſervation de la latitude, marquer ſur la Carte l'endroit où l'on eſt. On trouve dans certains Parages le fond à plus de 150 lieues de diſtance de terre ; & il va inſenſiblement en montant à meſure qu'on avance.

172. Les Pilotes ont des Livres qu'ils conſultent & qu'ils nomment *Routiers*. Ces Livres indiquent, non-ſeulement la profondeur de l'eau, mais toutes les qualités du fond : ils marquent ſi ce fond eſt de vaſe, ou de ſable, mêlé de coquilles, de petites pierres colorées, &c. Toutes les différences qu'on peut reconnoître par la Sonde, ſe réduiſent à cinq ou ſix ; & on pourroit fort aiſément les écrire en abrégé ſur les Cartes mêmes, à côté des braſſes d'eau. Les lettres initiales ſuffiroient, ou bien on emploieroit quelques autres marques qu'on expliqueroit dans quelque endroit de la Carte.

III.

De la Maniére de Sonder.

173. Il eſt très-facile de ſonder dans les Mers peu profondes ; mais l'opération eſt longue & pénible, lorſ-

qu'en venant de loin, on veut ſonder dans des endroits où il y a une grande profondeur d'eau. Il faut alors ſe ſervir de cordes ou de lignes de ſonde beaucoup plus groſſes, & on eſt auſſi obligé de mettre à l'extrémité des poids beaucoup plus peſans, des plombs, par exemple, de 60 ou 80 livres, au lieu de ceux de 20 ou 30 livres qui ſuffiſent ordinairement. Ces poids ont la forme conique ou de pains de ſucre, & ils ont toujours en-deſſous un creux dans lequel on met du ſuif. Cette matiére, en s'appuyant ſur le fond, ſe charge de quelques-unes des parties terreſtres qui ſont en-bas, ou reçoit l'impreſſion du rocher, s'il n'y a rien autre choſe.

174. On ne peut pas ſonder, pendant que le Navire fait voile, car le choc de l'eau empêcheroit le plomb de deſcendre, & expoſeroit la ligne à ſe rompre. Il faut donc néceſſairement s'arrêter, ou mettre côté à travers. Pluſieurs Matelots ſe mettent autour du Navire par-dehors; ils ſoutiennent la ligne; & lorſque tout eſt prêt, ils lâchent à leur tour la portion qu'ils tenoient, & ils ne la lâchent qu'autant qu'il eſt néceſſaire, afin de ſentir, s'il eſt poſſible, la diminution que doit recevoir tout-à-coup le poids total, lorſque le plomb vient à s'appuyer ſur le fond.

175. « Je ne ſçache perſonne qui ait bien expliqué » pourquoi il eſt ſi difficile de ſonder les endroits très-» profonds de la Mer, ceux, par exemple, qui ont plus » de 200 braſſes de profondeur. On s'imagine ordinaire-» ment que la corde ou ligne de ſonde eſt plus légére que » l'eau, & que lorſqu'elle eſt très-longue, elle fait flotter » le plomb qui eſt à ſon extrémité. Il me vint en penſée, » lorſque j'étois dans cette perſuaſion, qu'on pourroit aug-» menter beaucoup & autant qu'on le voudroit, la pe-» ſanteur du poids, ſans expoſer la corde à ſe rompre. » C'étoit de diſtribuer le poids par parties, & de les met-» tre de diſtance en diſtance le long de la ligne de ſonde. » Le poids partagé de cette ſorte, peut ſe trouver aſſez » grand pour entraîner le tout en-bas, & on le diminuera

réellement en retirant la ligne à bord, puisque cette par- «
tie de la ligne amenera avec elle une partie du poids. «
Je partois d'une fausse supposition : car il est certain que «
les lignes de sonde, de même que les autres cordes dont «
on se sert dans les Vaisseaux, sont plus pesantes que l'eau «
de Mer, & qu'elles vont en-bas, sans qu'il soit nécessaire «
saire d'y joindre aucun poids étranger. Mais peut-être «
que l'expédient auroit néanmoins son utilité pour sonder «
dans les endroits extrêmement profonds. Au lieu de se «
servir de plombs de 140 ou de 150 livres, comme on «
seroit quelquefois tenté d'en employer, afin de rendre «
leur poids plus considérable par rapport à la pesanteur «
de la ligne, on pourroit se contenter de mettre en-bas «
un plomb de 50 ou 60 livres, & en ajoûter d'autres de «
18 ou 20 livres, de 80 brasses en 80 brasses, ou de 100 «
en 100. «

176. On peut, en se proposant le même but, avoir «
recours à un moyen tout contraire. Pour rendre la pésanteur «
teur du plomb relativement plus grande, il n'y a qu'à «
diminuer celle de la ligne, & pour diminuer cette dernière «
niére dans la Mer, il n'y a qu'à mettre sur la ligne des «
morceaux de liége, de distance en distance. On donneroit «
roit aux morceaux de liége la forme de fuseaux ; il faudroit «
droit qu'ils fussent coupés par la moitié, selon leur longueur «
gueur, & qu'ils s'ouvrissent comme s'ils avoient une «
charniére. On les fermeroit, en les attachant avec force «
sur la corde, qui auroit des nœuds pour les arrêter ; & «
on les mettroit en place avec la même facilité qu'on les «
ôteroit. Il seroit facile, en faisant l'essai d'avance dans «
une baille pleine d'eau, de voir si on a appliqué assez de «
ces morceaux de liége, pour faire flotter les différentes «
parties de la ligne pliée en paquet, & si on a donné au «
tout une parfaite indifférence à monter & à descendre. «
On ne ressentiroit après cela, en sondant, que la seule «
pesanteur du plomb qui seroit à l'extrémité de la corde ; «
& il semble que lorsque ce poids s'appuyeroit sur le fond, «

» on s'en appercevroit beaucoup plus aifément.

177. » Cependant j'avouerai avec ingénuité que l'opé-» ration me paroît toujours extrêmement difficile. L'affem-» blage de corde & de morceaux de liége forme non-feu-» lement un grand volume, il forme une grande maffe, » qui n'eft pas exempte d'inertie, & qui ne prend du mou-» vement qu'en réfiftant beaucoup. Quand même cette » maffe feroit parfaitement en équilibre avec l'eau de Mer, » elle ne viendra pas fans peine, lorfqu'on tirera en haut, »ou lorfque le Navire agité par une groffe Mer, s'élevera » brufquement. Lorfqu'on fonde dans un lac, ou dans une » eau dormante, on a en haut un point parfaitement fixe; » & rien ne trouble, ou ne peut rendre irréguliére l'ac-» tion que fait fur la main la pefanteur du plomb. Mais ce » n'eft pas la même chofe, lorfque le poids eft d'environ » cent livres, & lorfqu'on eft dans un Vaiffeau qui s'enfon-» ce, & qui s'éléve tout-à-coup. La ligne de fonde a pref-» que continuellement de trop violentes fecouffes à foute-» nir, & il n'eft pas aifé de démêler dans cet effort, qui » n'eft que trop capable de bleffer les Matelots, la partie » qui eft caufée par la péfanteur du poids.

178. » Tout ce qu'on peut faire de plus, c'eft de choi-» fir l'endroit du Navire où il y a le moins de mouvement. » Cet endroit fe trouve aux environs du grand mât. Il eft » certain que le milieu du pont conferve toujours à peu » près la même hauteur au-deffus de la furface de la Mer; » lorfque le Navire s'incline d'un côté, l'autre flanc s'éle-» ve. Ainfi on peut mettre deux poulies, l'une à droite & » l'autre à gauche, pour foutenir la ligne de fonde, lorf-» que fa partie qui eft dans l'eau fera déja fort longue; » & on appliquera à la feconde extrémité de la corde un » contrepoids, qui defcendra dans la Mer de l'autre côté » du Navire. Cette efpéce d'équilibre entre les deux par-» ties de la ligne, doit contribuer à rendre plus fenfible la » différence de péfanteur, felon que le plomb s'appuyera » ou ne s'appuyera pas fur le fond. Cependant l'expérience

feule

ſeule doit nous apprendre ſi ces différens expédiens peu- « vent réuſſir. »

CHAPITRE VII.

Du Flux & Reflux de la Mer.

I.

179. LORSQU'ON eſt parvenu à l'ouverture d'un Port, on ne peut pas toujours y entrer, quoique le vent ſoit favorable : il faut ſouvent attendre le flux, ou que la mer ſoit pleine, ſi on eſt ſur les côtes de l'Océan ; & l'aſſujétiſſement eſt à peu près le même lorſqu'on veut ſortir du port. Tout le monde ſçait que nos côtes ſont ſujettes à une eſpéce d'inondation de la part de la Mer deux fois le jour. Les eaux montent pendant environ ſix heures : ce mouvement, qui eſt quelquefois aſſez rapide, & par lequel la Mer vient couvrir nos plages, ſe nomme le *flux* ou le *flot*. Les eaux, lorſqu'elles ſont parvenues à leur plus grande hauteur, reſtent à peine un demi quart d'heure dans cet état : la Mer eſt alors *pleine*, ou elle eſt *étale*. Elle commence enſuite à deſcendre, & elle le fait pendant ſix heures, qui forment le tems du *reflux*, de l'*ébe* ou du *juſant*. La Mer en ſe retirant parvient à ſon plus bas terme, qu'on nomme *baſſe Mer*, & elle remonte preſque auſſi-tôt. Il ſe fait un autre flux, qui dure également ſix heures, & ainſi toujours de ſuite.

180. Chaque mouvement de la Mer n'eſt pas préciſément de ſix heures ; elle met ordinairement un peu plus à venir, & un peu plus à s'en retourner. Ces deux mouvemens contraires ſont même conſidérablement inégaux dans certains ports, principalement dans l'entrée des riviéres ; mais les deux enſemble ſont toujours plus de 12 heures ; ce qui eſt cauſe que la pleine Mer, ou chaque

marée, ne se fait pas à la même heure le soir que le matin. Elle arrive environ 24 minutes plus tard; & d'un jour à l'autre il se trouve environ 48 minutes de retardement. C'est-à-dire, que s'il est pleine Mer aujourd'hui dans un Port à neuf heures du matin, il n'y sera pleine Mer ce soir qu'à 9 heures 24 min. & demain à 9 heures 48 min. du matin, & le soir à 10 heures 12 min. C'est aussi la même chose à l'égard des basses Mers; elles retardent également d'un jour à l'autre de 48 minutes, & du matin au soir de 24 minutes.

181. Ce retardement étant connu, on peut, si l'on a été attentif à l'instant de la marée un certain jour, prévoir à quelle heure il sera pleine mer dans le même Port un autre jour, & faire ses dispositions à propos, si on est dans un Navire, pour sortir du port ou pour y entrer ce jour-là. Chaque jour les marées retardent de 48 minutes, ou de 3 quarts d'heure & de 3 minutes; ainsi en cinq jours elles doivent retarder de 15 quarts d'heure & de 15 minutes, c'est-à-dire, de 4 heures; ce qui donne la facilité de trouver leur retardement, à proportion pour tout autre nombre de jours. Elles doivent retarder de 8 heures en 10 jours, & de 12 heures en 15 jours. Or il suit de-là que les marées reviennent exactement aux mêmes heures tous les quinze jours; mais que celles qui se faisoient le matin se font le soir, & celles qui arrivoient le soir, se font le matin. A la fin de quinze autres jours elles reprennent leur premier ordre.

182. Il suffit toujours, selon ce que nous venons de dire, de faire la proportion ou régle de Trois suivante, pour trouver le retardement des marées, pour quel nombre de jours on veut. Si l'on demande combien la pleine Mer doit se faire plus tard au bout de 11 jours: Je dis, si 5 jours produisent 4 heures de retardement dans les marées, combien 11 jours en doivent-ils produire? Je multiplie 11 par 4, & divisant le produit 44 par 5, il me vient 8 au quotient, qui marque que le retardement est de 8 heures;

mais il reste 4 à la division, & chaque unité qui reste vaut un cinquiéme d'heure, ou 12 minutes. Ainsi les marées doivent arriver plus tard de 8 heures 48 minutes, au bout de 11 jours. S'il est pleine mer aujourd'hui dans un certain Port à 9 heures du matin, il sera pleine Mer dans ce même Port en 11 jours à 9 heures augmentées de 8 heures 48 min. qui est la quantité du retardement; c'est-à-dire, qu'il y sera pleine Mer à 5 heures 48 min. du soir.

II.

De l'Accord qu'il y a entre le Flux & le Reflux, & les Mouvemens du Soleil & de la Lune.

183. Les marées ne se faisant pas à la même heure chaque jour, c'est une marque qu'elles ne dépendent pas uniquement du mouvement du Soleil. Elles dépendent beaucoup davantage du mouvement de la Lune, qui retarde également de 48 min. chaque jour à revenir aux mêmes points du Ciel, comme nous l'expliquerons dans la suite. On dit que la Lune est *nouvelle*, lorsqu'elle passe vis-à-vis du Soleil, parce qu'on cesse alors de la voir, & qu'elle doit reparoître peu de tems après, ou comme se *renouveller*. Au bout de 15 jours la Lune se trouve à l'opposite du Soleil; elle paroît alors toute ronde, & on dit qu'elle est *pleine*. Mais lorsqu'elle n'est éloignée du Soleil que de 90 dégrez, soit après l'avoir quitté, ou soit lorsqu'elle vient le rejoindre, sa partie lumineuse n'est que comme la moitié d'un cercle, & on nomme ces deux apparences ou *Phases*, les *Quadratures* qui arrivent sept jours & demi après les nouvelles ou pleines Lunes. Ce que nous venons de dire suffit pour faire entrevoir aux Lecteurs le parfait accord qu'il y a entre le flux & reflux, & les mouvemens du Soleil & de la Lune. Les marées retardent tous les jours de 48 minutes, & elles reviennent à la même heure au bout

de 15 jours, & au bout d'un mois ou de 29 jours & demi, non pas lorsque la Lune est revenue exactement au même point du Ciel, mais lorsqu'elle a repris sa même situation par rapport au Soleil. Forte preuve que les deux Astres ont part à l'effet; & toutes les autres circonstances le confirment.

184. Les marées sont plus fortes de 15 jours en 15 jours : c'est ce qui arrive à toutes les nouvelles & pleines Lunes, ou lorsque les deux Astres agissent ensemble sur le même point de la Mer. On donne le nom de *grandes eaux* à ces plus fortes marées, on les nomme aussi *Malines* ou *reverdies*. Dans certains tems de l'année les deux Astres exercent encore mieux leurs forces, ils répondent au-dessus de l'Océan vers le milieu de la Terre, ou vers l'Equateur. La Mer monte alors beaucoup davantage, & elle descend aussi plus bas : c'est ce qui arrive vers les commencemens d'Avril & d'Octobre. Enfin le Soleil & la Lune ne conservent pas toujours la même distance à la Terre. La Lune principalement est sujette à se reculer dans le Ciel, par rapport à notre Globe, & d'autres fois elle s'en approche. Une médiocre attention fait appercevoir ce changement de distance; la Planéte nous paroît plus petite ou plus grande. Mais toutes les fois qu'elle est plus voisine & qu'elle devient comme plus grande par rapport à nous, son action sur la Mer est aussi plus forte : c'est ce que nous apprennent toutes les observations.

185. » Il y a tout lieu de penser que le flux & reflux de » la mer est une suite de la pesanteur universelle que nous » remarquons dans toute la Nature, & qui paroît en con- » stituer une des premiéres Loix. Toutes les parties de » matiere pesent un peu les unes vers les autres; elles » ont une force secrete pour s'approcher ou pour s'unir. » Cette force arrondit les goutes de liqueur; elle fait que » deux goutes d'eau se confondent aussi-tôt qu'elles se tou- » chent; elle conserve la figure à peu près sphérique qu'a » la Terre, & qu'ont tous les corps célestes : elle produit

une infinité d'autres effets, dont ce n'eſt pas le lieu de «
parler. Nous reſſentons ici bas notre peſanteur vers la «
Terre, parce que nous en ſommes très-voiſins; mais «
cela n'empêche pas que toutes les parties de notre Globe «
n'ayent une petite tendance ou une très-foible peſanteur «
vers le Soleil & vers la Lune. Lorſque ces deux Aſtres, «
dont l'un eſt très-gros & l'autre très-proche de nous, ré- «
pondent ſur l'Océan, les eaux s'élevent un peu; parce «
que leur tendance vers le haut, eſt en déduction de «
leur peſanteur vers le bas. Si l'étendue de l'Océan étoit «
beaucoup plus petite, l'effet ſeroit abſolument inſenſible, «
mais la grandeur des Mers le rend conſidérable, & il «
doit ſe manifeſter principalement ſur les côtes; de même «
que l'agitation d'une liqueur ſe rend plus ſenſible vers «
les bords du vaſe qui la contient. «

186. Si les deux Aſtres agiſſent enſemble, s'ils ré- «
pondent l'un & l'autre ſur le milieu de la Mer; ſi outre «
cela la Lune eſt dans une de ſes moindres diſtances à la «
Terre, l'effet eſt alors fort grand. Si au contraire la Lune «
eſt dans une de ſes quadratures, ſi elle eſt éloignée du «
Soleil de 90 degrez, & qu'elle ſoit en même tems dans «
une de ſes plus grandes diſtances de la Terre, l'effet ſera «
moindre, par une double raiſon. La Lune agira peu, & «
ſon action ſera contrariée par celle du Soleil, qui ten- «
dra à faire élever les eaux dans un autre endroit. Dans ce «
cas, qui arrive tous les quinze jours, & auquel on donne «
le nom de *mortes-eaux*, la Mer monte moins, & elle «
deſcend auſſi moins; depuis le terme de la pleine Mer «
juſqu'à celui de la baſſe Mer, il n'y a quelquefois que la «
moitié de la hauteur qu'on obſerve dans les Malines.»

187. En général les marées du matin & du ſoir ne ſont pas également fortes; il y a un choix à faire, lorſqu'on veut ſortir d'un port, ou y entrer, & que ce Port n'eſt pas aſſez profond. Mais ce qu'il y a de très-remarquable, c'eſt que l'ordre de ces marées change au bout de ſix mois; c'eſt-à-dire, que ſi ce ſont les marées du matin qui ſont

actuellement les plus fortes, comme cela ne manque pas d'arriver en hyver, en ſix mois, ou un peu plus, elles ſeront les plus foibles. Ce ſont effectivement les marées du ſoir qui ſont les plus fortes en Eté; & il faut donc les préférer pour entrer dans les Ports & pour en ſortir. Il arrive à peu près un égal changement, à l'égard des grandes marées des nouvelles Lunes, comparées aux grandes marées des pleines Lunes; elles ſont auſſi preſque toujours inégales, & la différence eſt quelquefois de pluſieurs pieds; mais au bout de ſix mois les plus fortes marées deviennent les plus foibles, & les plus foibles deviennent les plus fortes. Cet effet doit être principalement attribué à la Lune, qui n'eſt pas à la même diſtance de la Terre au bout de ſix mois, lorſqu'elle eſt dans la même ſituation par rapport au Soleil. Si elle ſe trouve maintenant à ſa moindre diſtance dans le tems des nouvelles Lunes, en ſix mois ce ſera tout le contraire, elle ſera à ſa moindre diſtance dans le tems des pleines Lunes.

188. Au ſurplus les Malines n'arrivent pas préciſément les jours des nouvelles & pleines Lunes, mais un jour & demi ou deux jours après. Les plus petites marées, ou les *mortes-eaux*, ne concourent pas exactement non plus avec les quadratures; elles tombent un jour & demi plus tard. Les marées ont rapport à tous les autres effets qui demandent du tems pour recevoir peu à peu leur augmentation, par l'action réitérée de la même cauſe ou du même agent. Après qu'elles ont été fort grandes, 1 ou 2 jours après la nouvelle ou la pleine Lune, elles vont en diminuant, juſqu'à un jour & demi après la quadrature, & elles s'augmentent enſuite juſqu'à la pleine ou nouvelle Lune ſuivante. Il ſe trouve la différence que nous avons dite entre les marées du ſoir & du matin, de même qu'entre les Malines; mais c'eſt une régle générale que toutes les fois que la Mer monte davantage par ſon flux, elle deſcend auſſi davantage par ſon reflux. Lorſque toutes les circonſtances ſont favorables pour produire une très-grande maline vers le

commencement d'Avril ou d'Octobre, la Mer en se retirant laisse aussi à sec une plage beaucoup plus grande qu'à l'ordinaire. On voit alors à découvert des bancs de sable & des écueils, qui sont cachés pendant tout le reste de l'année.

III.

De la Grandeur des Marées dans les différens endroits de la Terre.

189. Les Mers qui ont peu d'étendue, ne sont pas sujettes à avoir de marées, parce qu'en tout tems l'action du Soleil & de la Lune est à peu près la même sur une de leurs extrémités que sur l'autre. La Mer Méditerranée n'a presque pas de flux sensible, par cette raison; on y en remarque seulement un peu dans le fond de ses Golfes. Lorsqu'on avance dans l'Océan, beaucoup vers les Poles, on y trouve des marées toujours moins considérables. Le Soleil & la Lune agissant vers l'Equateur, & soulevant continuellement les eaux vers le milieu de la Zone torride, les Poles doivent en être comme continuellement privés : ainsi la Mer doit être toujours basse vers ces deux extrémités de notre globe. Cependant elle n'est pas réputée telle, parce que c'est son état ordinaire. Dans les autres Régions, la disposition des côtes & leur gissement décident presque totalement de la grandeur du flux & reflux.

190. La Mer ne monte que 17 à 18 pieds sur les côtes de Bretagne du côté du Sud, au lieu qu'elle monte de 50 pieds vers S. Malo & le Mont S. Michel. La Manche offre une très-grande ouverture aux eaux de l'Océan, & quand elles s'y trouvent une fois engagées, & qu'elles sont outre cela réfléchies par les côtes d'Angleterre vers celles de France, elles n'ont pas la liberté de refluer ou de rebrousser chemin, tant qu'il survient d'autres eaux qui les poussent dans le même sens; elles s'accumulent donc & elles forment ces grandes marées qu'on observe vers le Mont

S. Michel & Cancale. La même chose a lieu au-dessous de Bristol ou de l'embouchure du Fleuve Saverne, dans le canal de S. George : la Mer y monte de 45 pieds dans les Malines, & de 25 dans les mortes-eaux. Il arrive aussi quelque chose de semblable, & par la même raison, dans le golfe de Panama sur le bord de la Mer du Sud. Les Isles qui sont en pleine Mer, principalement si elles sont petites, ne forment pas un obstacle assez considérable pour fixer une grande masse, & les marées y sont foibles ; elles ne sont, par exemple, que de 7 à 8 pieds dans les Isles de Canaries. Elles sont de 11 ou 12 pieds sur les côtes de Portugal ; la disposition Nord & Sud de ces côtes hors de la Zone torride, n'est pas propre à arrêter les eaux, elle leur permet de glisser & d'aller plus loin. Nous n'entrons pas dans un plus grand détail sur toutes ces choses : les Navigateurs ne sont intéressés à sçavoir exactement dans cette matiére que les faits seuls, & ils peuvent dans l'occasion consulter les routiers.

IV.

De l'Etablissement des Marées, & de la maniére de Calculer l'Heure du Flux & Reflux.

191. Nous avons dit que les marées retardoient chaque jour de 48 min. & qu'elles ne revenoient aux mêmes heures que de 15 jours en 15 jours. Il est pleine Mer sur toute une étendue de côte à la même heure, mais selon que les Ports sont plus ou moins retirés dans les terres, & que leur ouverture est plus ou moins étroite, la Mer emploie plus ou moins de tems pour s'y rendre, & il y est pleine Mer plutôt ou plutard. Chaque Port a donc son heure particuliére ; outre que cette heure est différente chaque jour. Il a été naturel de considérer plus particuliérement les marées des nouvelle & pleine Lunes, & d'y rapporter

rapporter toutes les autres. On nomme *Etabliſſement*, cette heure à laquelle il eſt pleine Mer, lorſque la Lune eſt vis-à-vis du Soleil, ou qu'elle ſe trouve à l'oppoſite. A Breſt c'eſt 3 heures 30 min. au lieu que l'*Etabliſſement* des marées au Havre de Grace eſt 9 heures, parce qu'il y eſt pleine Mer à cette heure-là les jours des nouvelle & pleine Lunes.

192. Nous nous diſpenſons de donner une Table de ces Etabliſſemens; nous nous contentons d'en marquer un certain nombre en chiffres Romains dans la Carte de la Manche & dans l'autre petite Carte. On voit 1½ auprès de Belliſle, parce qu'il y eſt pleine Mer aux nouvelles & pleines Lunes à une heure & demie. On voit auſſi en jettant les yeux ſur la même Carte que 3 heures eſt l'établiſſement des marées à l'entrée de la Loire, & qu'à Nantes c'eſt 8 heures.

193. La grande différence qui ſe trouve entre l'heure «
des marées au bas de la Loire & à Nantes, eſt bien pro- «
pre à montrer combien eſt mauvais l'uſage où ſont quel- «
ques Pilotes d'exprimer l'établiſſement des Ports par les «
rumbs de vent de la Bouſſole. Ils ſe ſervent du Nord & «
du Sud pour indiquer 12 heures; ils indiquent 6 heures «
par l'Eſt & l'Oueſt, 3 heures par le *SE* & le *SO*, &c. «
Cet uſage qui s'eſt introduit dans pluſieurs livres, n'eſt «
propre qu'à induire en erreur les perſonnes peu inſtrui- «
tes, en leur faiſant croire que ces prétendus rumbs de «
vent, qui déſignent l'établiſſement des marées, ont rap- «
port à la direction des riviéres, ou aux régions du mon- «
de, vers leſquelles les entrées des Ports ſont expoſées. «
Il n'eſt pleine Mer plus tard à Nantes qu'au bas de la Loi- «
re, que parce que cette Ville eſt conſidérablement éloi- «
gnée de la Côte, & qu'il faut du tems au flux pour y «
faire ſentir ſon effet. L'établiſſement des Ports dans la «
Manche ſuit un ordre réglé, qui dépend uniquement du «
plus ou du moins de chemin que ſont les eaux pour y «
parvenir. J'ai vû à la Côte de Bretagne l'établiſſement «

» des marées au Croisic y changer d'environ un quart d'heu-
» re, parce qu'on rétrécit l'entrée de ce Port par une
» longue jettée. Il fallut ensuite quelque temps de plus
» à la Mer pour passer en quantité suffisante par l'ouvertu-
» re moins large. Les choses peuvent avoir changé de-
» puis, & être revenues à leur ancien état, quoique la
» jettée subsiste toujours. Ce petit Port s'est en partie com-
» blé de sable ; sa capacité est bien moins grande qu'elle
» n'étoit il y a 20 ans, & les eaux qui y entrent ayant moins
» d'espace à remplir, doivent s'y mettre plus prompte-
» ment de niveau avec celles du dehors.

194. On connoît sans peine l'établissement des marées dans un Port, lorsqu'on se trouve dans ce même Port le jour de la nouvelle ou pleine Lune ; mais si l'on s'y trouve un autre jour, l'heure de la pleine Mer sera différente, & il faudra avoir égard au retardement des marées, qu'on doit retrancher de l'heure de la pleine Mer qu'on a observée. Si en consultant un Calendrier, ou si par quelqu'autre moyen on trouve qu'il y a dix jours d'écoulés depuis la nouvelle ou pleine Lune, ces dix jours, comme nous l'avons vû cy-devant (N°. 182) donnent 8 heures de retardement : ainsi ces 8 heures doivent être retranchées de l'heure de la pleine Mer, & il restera l'établissement. Supposé, outre cela, que la pleine Mer soit arrivée à 2 heures après midi, je remarque que 2 heures du soir sont équivalentes à 14 heures du matin, & retranchant 8 heures de ce dernier nombre, il me vient 6 heures pour l'établissement du Port dont il s'agit.



Connoiſſant l'Etabliſſement des Marées pour un Port, trouver l'Heure de la pleine Mer pour un jour propoſé.

195. Lorſqu'on connoît l'établiſſement d'un Port, ou l'heure à laquelle il eſt pleine Mer le jour de la nouvelle ou pleine Lune, il eſt très-facile de trouver l'heure de la pleine Mer pour tous les autres jours; puiſqu'il ſuffit d'ajoûter à l'établiſſement la quantité du retardement.

196. On me demande, par exemple, à quelle heure il ſera pleine Mer au Havre de Grace le 21 Août 1754? Je cherche la nouvelle Lune dans ce même mois; elle arrivera le 18; ainſi le 21 il y aura 3 jours d'écoulés depuis la nouvelle Lune. Ces 3 jours produiſent 2 heures 24 min. de retardement; & ſi on les ajoûte à l'établiſſement des marées au Havre de Grace, qui eſt 9 heures 20 min. dans le Port, il viendra en tout 11 heures 44 min. pour le tems de la pleine Mer.

197. *Second Exemple.* On veut ſçavoir à quelle heure il ſera pleine Mer à Breſt le 16 Janv. 1753. La nouvelle Lune arrivera le 4 de ce même mois, ce qui oblige de chercher le retardement des marées pour 12 jours. On trouve 9 heures 36 min. & les ajoûtant à l'établiſſement de Breſt qui eſt 3 heures 30 min. il vient 13 heures 6 min. C'eſt-à-dire, qu'il ſera pleine Mer vers une heure un demi-quart après midi à Breſt le 16 Janvier 1753. Nous expliquerons dans le premier Chapitre du quatriéme Livre la maniére de faire les Calculs précédens avec plus d'exactitude.

CONCLUSION DE CE SECOND LIVRE.

198. Nous terminerons ce ſecond Livre, non pas en réſumant les choſes que nous venons d'expliquer, mais en indiquant en peu de mots celles dont il nous reſte encore

à parler, ou sur lesquelles il faut que nous insistions. On voit que nous devons prendre une plus grande connoissance des mouvemens du Soleil & de la Lune, & en général de la situation de tous les Astres, puisque nous sommes presque continuellement obligés d'avoir recours à la comparaison du Ciel dans les opérations du Pilotage. Nous ne pouvons découvrir la variation de la Boussole, qu'en comparant l'amplitude que nous trouvons sur le compas, à l'amplitude que nous fournira le calcul; nous ne pouvons découvrir notre latitude qu'en observant combien notre Zénith est éloigné des Astres dont la situation doit nous être connue par rapport à l'Equateur du Ciel. Il nous faut aussi pour réussir à bien déterminer la latitude, nous servir d'instrumens plus commodes & meilleurs que celui qui est représenté dans la *Figure* 3. Nous avons donné dans le premier Livre (N°. 94.) un moyen qui est exact & facile pour mesurer la distance du Soleil au Zénith; mais il ne peut servir qu'à terre, & il n'est propre que lorsqu'on veut observer le Soleil ou la Lune. Enfin à l'égard même de la réduction des routes, nous avons besoin d'une méthode meilleure dans la pratique, que celle que nous présente l'usage des Cartes Marines. Le plus souvent on ne court que de très-petites routes; & si on entreprenoit de les réduire ou de les compasser sur la Carte, la grosseur des pointes du compas en feroit presque toujours disparoître une grande partie. Un avantage considérable que nous retirerons des choses déja expliquées, c'est que nous ne nous attacherons à rien désormais, dont nous ne connoissions d'avance l'utilité.



Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12. L M R S P Q N O

Fig. 13. T S M R Q N P O

Fig. 14. 90 Q 60 V 30 X R T

Fig. 15. C E F A B H G

Fig. 16. C E B D A

Fig. 17. B C A

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 20. G E H I K L D F

Fig. 21. B C A D

Fig. 22. B C A D

Fig. 23. B A C

Fig. 24. a c b

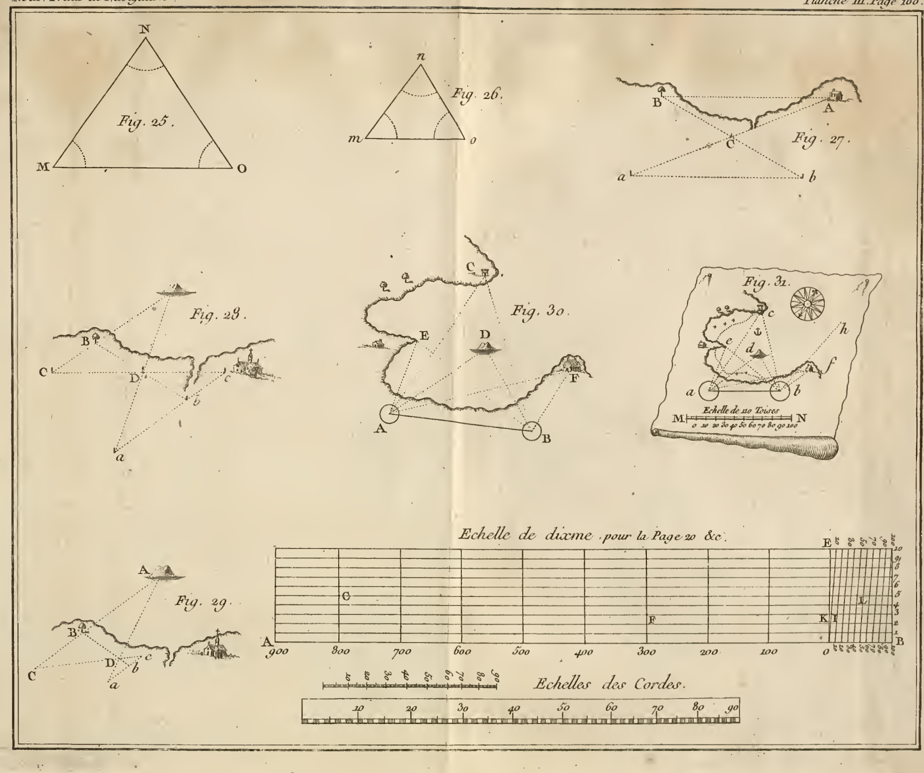

N
M
O
Fig. 25.
n
m
o
Fig. 26.
B
A
C
Fig. 27.
a
b
Fig. 28.
B
C
D
c
b
a
Fig. 30.
C
E
D
F
A
B
Fig. 31.
c
h
e
d
f
a
b
Echelle de 110 Toises
M
N
Fig. 29.
A
B
C
D
c
b
a
Echelle de dixme pour la Page 20 &c.
A
G
F
K
I
L
E
B
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Echelles des Cordes.
10
20
30
40
50
60
70
80
90

Fig. 32.

Fig. 33

Fig 34

Fig 35.

Douvre

Calais

Fig. 36.

Fig. 37

EUROPE

AFRIQUE

AMERIQUE

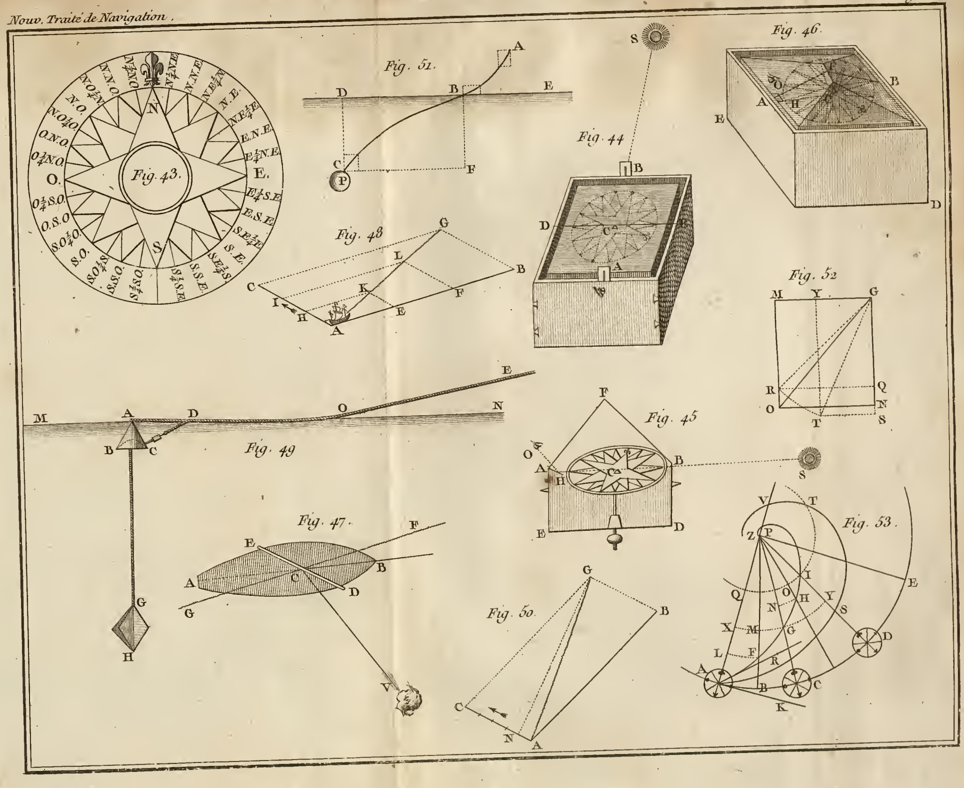
Fig. 38.

Fig. 39.

Fig. 40

Fig. 41.

Fig. 42


Fig. 43.
N
E.
S
O.
N.N.E.
N.E.
E.N.E.
E.S.E.
S.E.
S.S.E.
S.S.O.
S.O.
O.S.O.
O.N.O.
N.O.
N.N.O.
Fig. 51.
Fig. 44
Fig. 46.
Fig. 48
Fig. 52
Fig. 49
Fig. 45
Fig. 47.
Fig. 50.
Fig. 53.


CARTE DE LA MANCHE
ANGLETERRE
FRANCE
ESPAGNE
Lieues Francoises
Lieues Hollandoises
Lieues Espagnoles
C. Cornouaille
Plymouth
C. Lezard
Portland
Portsmouth
Chichester
I. d'Wight
Douvre
Calais
Boulogne
Somme R.
St. Valery
Dieppe
Fecamp
le Havre
Seine R.
Honfleur
Dive
Caen
C. de Barfleur
Cherbourg
C. de la Hague
I. d'Aurigny
Grenesey
I. de Jersey
Granville
Avranche
St. Michel
St. Malo
Dinan
St. Brieu
Treguier
I. de Bas
St. Pol de Leon
Brest
le Four
Ouessant
I. Molaine
I. des Saints
Lieues Francoises
I. d'Ouessant
Brest
Bec de Chevre
I. des Saints
Quimper
N. D. de Joye
Hennebon
Vanne
I. de Groix
Quiberon
Bellisle
Houat
Hedic
la Loire R.
Nantes
I. de Noirmoutier
I. Dieu
St. Gilles
Luçon
I. de Ré
la Rochelle
Rochefort
I. d'Oleron
Garonne R.
Blaie
Bourdeaux
C. Feret
Bassin d'Arcachon
Boucaut de Memisan
Boucaut de Lon
Dax
C. Breton
Bayonne
Fontarabie
C. Machicaco
Bilbao
S. Andero
S. Vincent
Villa Viciosa
C. de Pinas
I. et C. S. Ciprian
S. Ciprian
C. d'Ortegal
Ferol
la Corogne
I. de Cisargue
C. Veillance
C. Finisterre



CARTE RÉDUITE.



LIVRE TROISIÉME,

Dans lequel on donne les premiéres Notions d'Aſtronomie, qui ſont utiles aux Navigateurs.

CHAPITRE PREMIER.

De la Situation des Etoiles fixes, & de leur Mouvement apparent du Levant vers le Couchant.

I.

1. NOUS commencerons les détails dont nous venons de voir la néceſſité, en donnant les premiers principes d'Aſtronomie, ou de la Science qui a pour objet le mouvement des Aſtres. Nous avons déja dit que les Cieux en tournant ſur les deux Poles, entraînoient toutes les Etoiles d'Orient en Occident en 24 heures. Toutes ces Etoiles, en faiſant leur révolution, & en n'y employant que le même tems, malgré la grandeur ou la petiteſſe des cercles qu'elles décrivent, conſervent exactement la même ſituation les unes par rapport aux autres. On les nomme *fixes* par cette raiſon; & c'eſt ce qui les diſtingue des Planétes dont nous aurons occaſion de parler, leſquelles ont un mouvement particulier par rapport au Ciel, & qui changent de place les unes par rapport aux autres. Le Ciel eſt, pour ainſi dire, ſemé d'Etoiles; les unes ſe lévent pendant que les autres ſe couchent: ſi nous

ne les voyons pas pendant le jour, c'eſt parce que la lumiére qu'elles répandent, eſt effacée par celle du Soleil.

2. On s'eſt trouvé dans la néceſſité d'impoſer des noms à tous ces Aſtres, & on a réuſſi à le faire d'une maniére qui ne charge que très-peu la mémoire. Ayant conſidéré les Etoiles comme par troupeaux, qu'on a nommé *Conſtellations* ou *Aſtériſmes*, un ſeul nom d'homme ou d'animal donné à chacun de ces troupeaux, a ſuffi pour ſpécifier 50 ou 60 Etoiles à la fois, & même un plus grand nombre. On nomme, par exemple, *Orion*, une de ces Conſtellations: quelques-unes des Etoiles répondent à la tête du Géant, d'autres à ſes épaules, d'autres à ſa ceinture ou baudrier, &c. On a réduit, en ſe conformant à cette méthode, toutes les Etoiles du Firmament à une ſoixantaine de Conſtellations. Ainſi il ſuffit de retenir une ſoixantaine de noms, & de pouvoir imaginer dans le Ciel autant de figures pour ſe trouver en état de connoître & de déſigner chaque Etoile en particulier.

3. Les Lecteurs ne doivent pas manquer de jetter les yeux ſur les deux Cartes céleſtes que nous joignons à ce Traité. Chaque Carte repréſente une des moitiés du Ciel, dont chaque Pole eſt comme le centre. On voit auprès du Pole du Nord arctique ou ſeptentrional, l'Etoile polaire ou l'Etoile du Nord, qui eſt à l'extrémité de la queue de la petite Ourſe. Cette Etoile qui n'eſt actuellement éloignée du Pole que de 2 ^{d}. 1 ^{m}. & qui en deviendra encore plus voiſine, ne trace qu'un très-petit cercle, comme nous l'avons déja expliqué. Il eſt facile de juger que le plus grand des cercles, qui termine chaque Carte, eſt l'Equateur. Il eſt exactement au milieu du Ciel qu'il ſépare en deux parties égales. Tous les autres cercles qui ſont audedans, & qui ont un des Poles du Monde pour centre, repréſentent les *Paralleles* que décrivent les Etoiles.

4. On voit dans les mêmes Cartes un grand nombre de lignes droites qui ſont comme des diamétres, mais qui repréſentent des cercles ou des demi-cercles : ce ſont les

Méridiens céleſtes qui, comme on le ſçait, ſe rendent d'un des Poles du Monde à l'autre, en paſſant par l'Equateur qu'ils coupent perpendiculairement. Tous ces cercles ſervent de Méridien aux lieux de la Terre, qui ſont au-deſſous ; & on les nomme auſſi *Cercles horaires*, parce qu'ils partagent le Ciel, quant à ſon mouvement, ou quant au tems, & qu'ils ſervent à diſtinguer les heures du jour & de la nuit : lorſqu'il y a 15 degrez d'intervalle entre deux de ces Méridiens ou cercles horaires, le Soleil met une heure à aller de l'un à l'autre, ſoit que le mouvement ſe faſſe ſur l'Equateur ou ſur un Parallele.

II.

De la Déclinaiſon & de l'Aſcenſion droite des Aſtres en général, & de celles des Etoiles en particulier.

5. La ſituation des Etoiles dépend de leur diſtance à l'Equateur ou aux Poles, & de la quantité dont elles ſont plus à l'Orient ou à l'Occident les unes que les autres. On nomme *Déclinaiſon* leur diſtance à l'Equateur, & on diſtingue cette déclinaiſon en Nord & Sud, ou en Septentrionale & Méridionale, ſelon que l'Aſtre eſt du côté du Nord de l'Equateur ou du côté du Sud. La déclinaiſon eſt donc précifément la même choſe dans le Ciel, que la latitude d'un lieu ſur la Terre. La plus grande latitude ſur la terre eſt de 90 degrez, & la plus grande déclinaiſon eſt dans le Ciel de ce même nombre de degrez. L'Etoile du Nord ou l'Etoile polaire n'a pas tout-à-fait cette plus grande déclinaiſon, parce qu'elle n'eſt pas tout-à-fait dans le Pole du Ciel. Les Etoiles en faiſant leurs révolutions autour de nous, d'Orient en Occident, ne changent point de déclinaiſon, parce qu'elles tracent des paralleles, ou qu'elles reſtent dans leur mouvement toujours à la même diſtance de l'Equateur.

6. Il n'a pas été difficile de découvrir la déclinaiſon des Etoiles, ou leur ſituation par rapport à l'Equateur. Une Etoile, comme l'Etoile du Nord, fait le tour du Pole en 24 heures, & ſi elle ſe trouve dans un certain inſtant au-deſſus du Pole, elle ſera au-deſſous douze heures après. Il n'y a qu'à obſerver ſa hauteur au-deſſus de l'Horiſon dans ces deux points de ſon cercle, en ſe ſervant, ſi l'on veut, de l'inſtrument de la *Figure 3* ; & ſi on trouve que l'une ſurpaſſe l'autre de 4 deg. 2 min. la moitié de cette quantité donnera la diſtance de l'Etoile au Pole, qui ſera de $2^{d}.1^{m}$. & l'Etoile ſera donc éloignée de l'Equateur de 87^{d}. 59^{m}. On a fait de ſemblables obſervations, ou d'équivalentes ſur tous les Aſtres.

7. Mais il ne ſuffit pas de connoître les déclinaiſons des Etoiles, pour qu'on puiſſe aſſigner leur place dans le Ciel ou ſur les Cartes céleſtes. Il faut encore ſçavoir de combien elles ſont ſituées vers l'Orient ou vers l'Occident les unes par rapport aux autres. On conçoit l'Equateur diviſé en degrez, on les compte d'Occident en Orient, en commençant à un certain point, qui eſt en quelque façon arbitraire ; & on nomme *aſcenſion droite* le degré de l'Equateur auquel chaque Etoile répond. L'aſcenſion droite dans le Ciel ne differe pas de la longitude ſur la Terre : on les compte l'une & l'autre dans le même ſens, & tout eſt abſolument conforme : le Méridien céleſte qui paſſe par le point de zero ou de *360* degrez ſur l'équateur, tient lieu de premier Méridien terreſtre.

8. Pour prendre une idée de la maniére dont on a pû obſerver les aſcenſions droites, ou au moins leur différence, on n'a qu'à s'imaginer que l'inſtrument de la *Figure 3* eſt exactement à plomb, & qu'il eſt dirigé en même tems Nord & Sud, ou qu'il préſente exactement une de ſes faces vers l'Orient, & l'autre vers l'Occident. Nous ſuppoſons que cet inſtrument ſoit fixé dans cette ſituation, & qu'il n'a rien de mobile que ſon allidade, ou une régle qui ſera munie d'une lunette, ſi on veut. On peut avec

un

un pareil inſtrument obſerver les hauteurs des Aſtres, lorſqu'ils paſſent au Méridien; ce qui met en état, comme nous l'avons dit, de découvrir leurs déclinaiſons. On peut auſſi déterminer les aſcenſions droites, en remarquant combien ces Aſtres viennent ſe rendre au Méridien les uns après les autres. Ceux qui viendront ſe préſenter à l'obſervateur préciſément dans le même inſtant, auront exactement la même aſcenſion droite : ils répondront au même point de l'Equateur, ou, ce qui revient au même, ils ſeront dans le même Méridien céleſte, ou dans le même cercle horaire : mais ceux qui auront plus d'aſcenſion droite, parviendront au Méridien plus tard ; ſi une Etoile paſſe, par exemple, à 4 heures du ſoir, ou 4 heures après le Soleil, elle aura 60 degrez plus d'aſcenſion droite.

9. La Table que nous inſérons à la fin de ce Chapitre, indique les aſcenſions droites & les déclinaiſons des principales Etoiles pour le commencement de 1755 ; & on trouvera à côté les changemens auxquels elles ſont ſujettes. Nous avons marqué ces changemens pour 60 ans. L'aſcenſion droite, par exemple, de l'Etoile du Nord ſera au commencement de 1755 de 10 deg. 53 min. mais en 60 ans, c'eſt-à-dire, au commencement de 1815, elle ſera augmentée de 2 deg. 25 min. elle ſera de $13^{d}. 18^{m}$. ſa déclinaiſon eſt marquée de 88 deg. & elle ſera en 60 ans de 88 deg. 20 min. Les changemens doivent être 60 fois moindres à proportion dans un an, & pour les avoir tout d'un coup, il n'y a qu'à prendre les degrez pour des minutes, & les minutes pour des ſecondes. Ainſi l'Etoile polaire augmente actuellement en aſcenſion droite de $2' 25''$ par an, & de $20''$ en déclinaiſon.

10. La ſituation des Etoiles ne change en général que très-peu, & il paroît que le changement ſe fait dans le ſens exactement parallele au cercle qu'on voit marqué dans nos Cartes céleſtes qui eſt oblique par rapport à l'Equateur, & qui eſt nommé *écliptique*, comme nous le dirons dans la ſuite. Les Etoiles qui ſont ſur ce cercle pa-

roissent le suivre, & celles qui en sont éloignées en restent à la même distance. C'est ce qui fait que les déclinaisons des Etoiles qui sont dans certains espaces du Ciel, vont en augmentant, pendant que les déclinaisons diminuent dans d'autres parties du Ciel, mais toujours d'une maniere extrêmement lente.

III.

Reconnoître les Etoiles, en consultant les Cartes du Ciel.

11. Il y a dans le Ciel plusieurs Constellations qu'on peut reconnoître dans le tems même qu'on les voit seules. La *grande Ourse* est de ce nombre; elle est formée de sept Etoiles principales, dont quatre sont en rectangle, & les trois autres sont rangées presque sur une même ligne. Ces sept étoiles ont donné le nom de Pole septentrional au Pole du Nord, ou à celui que nous voyons étant en Europe. On ne voit en nul autre endroit du Ciel des Etoiles disposées de la même maniére. Le vulgaire les nomme le *grand Chariot*, au lieu de grande Ourse. De l'autre côté du Pole du Nord, on découvre une autre Constellation encore fort facile à reconnoître, qu'on nomme *Cassiopée.* Elle est remarquable par cinq étoiles principales; on peut voir leur configuration sur la Carte, elles forment comme une espéce de lettre *M* irréguliére, dont les deux jambages extérieurs sont fort ouverts. L'Etoile du Nord est entre ces deux Constellations; elle est comme seule; elle se trouve assez exactement entre la premiére de la queue de l'Ourse & la poitrine de Cassiopée, qui est l'Etoile la plus éloignée, ou le plus au Sud de cette seconde Constellation.

12. Le Taureau se distingue fort aisément par un troupeau de petites Etoiles nommées *Pleïades*, que le vulgaire nomme la *Poussiniére.* Il y a auprès une étoile qui se fait remarquer par son éclat & par sa couleur rouge : c'est l'œil du Taureau, nommé *Aldebaram* par les Arabes. Plus vers

le Sud & plus vers l'Orient, on voit *Orion*, dont le baudrier contient trois Etoiles que tout le monde connoît ſous le nom des *trois Rois*.

13. La Couronne ſeptentrionale eſt très-remarquable, quoique lesEtoiles qui la forment n'achevent pas un cercle entier. La Lyre a une Etoile nommée *Wega*, qui eſt reconnoiſſable par deux petites Etoiles avec leſquelles elle forme un petit triangle équilatéral. On la met ordinairement dans le petit nombre de celles qu'on dit être de la premiére grandeur, & dont il n'y a que 14 ou 15. Le Cygne contient cinq Etoiles principales, qui font une eſpèce de Croix, mais qui ne ſont pas également brillantes. Dans l'Aigle il y a trois Etoiles de ſuite, & celle du milieu eſt la plus lumineuſe. A peu de diſtance eſt le Dauphin, formé de quatre petites Etoiles en lozange. Les deux têtes des Gemeaux ſont marquées par deux Etoiles peu éloignées l'une de l'autre. Les deux cornes du Bélier ſont auſſi marquées par deux Etoiles, mais dans le voiſinage de celles-ci, il y en a trois plus petites qui forment un triangle iſoſcelle, & on ne peut pas s'y tromper.

14. De l'autre côté du Ciel, ou dans l'Hémiſphere Auſtral, le *Scorpion* eſt non-ſeulement remarquable par une Etoile d'une couleur fort rouge nommée *Antarès*; mais par une ſuite de moindres Etoiles qui repreſentent la queüe repliée de l'inſecte. Le Centaure & la Croix du Sud contiennent pluſieurs belles Etoiles, & toute cette partie eſt extrêmement brillante, & peut-être la plus belle du Ciel, mais on ne la voit pas de ces Pays ci.

15. » Il ſuffit de connoître quelques Etoiles pour pou-
» voir trouver le nom de toutes les autres ſur la Carte, en
» examinant leurs configurations, & celles qui ſont dans
» l'allignement les unes des autres. Preſqu'au milieu de
» la diſtance de l'Etoile du Nord à l'extrémité de la queue
» de la grande Ourſe, on trouve une Etoile que les Pilo-
» tes nomment *Claire des gardes*, qui eſt dans l'épaule de
» la petite Ourſe.

16. » Si de l'Etoile polaire on conduit une ligne droite, » qui passe entre la Claire des gardes & l'extrémité de la » queue de la grande Ourse, elle ira rencontrer *Arcturus*, » qui est dans le bas de la robe de *Bo-otès*.

17. » Une ligne droite tirée de la Claire des gardes ou » de l'épaule de la petite Ourse par l'Etoile du Nord, » passera à peu près par la Claire de Persée, & ensuite par » la Machoire de la Baleine.

18. » On trouvera le Cœur du Lyon dans l'allignement » de la Claire des gardes, & du milieu du quarré de la » grande Ourse.

19. » L'épi de la Vierge, qui est dans la partie du Sud, » se trouve sur la ligne droite conduite de l'Etoile du Nord » par la seconde de la queue de l'Ourse. Si on s'éloigne de » Cassiopée du côté opposé à l'Etoile du Nord, on trou- » vera la Constellation d'Andromède, remarquable par » trois Etoiles principales; la plus éloignée du Pole qui » répond à la tête d'Andromède, forme un grand rectan- » gle, avec trois autres Etoiles qui appartiennent à Péga- » se. En commençant au Pole on trouve de suite quatre » Etoiles qui indiquent à peu près, pour le siécle présent, » le méridien d'où on compte l'ascension droite. Ces qua- » tre Etoiles sont la Polaire, la Chaise de Cassiopée, la » Tête d'Andromède & le Bout de l'aile de Pégase, nom- » mée *Algénib* par les Arabes.

20. » Entre le Pole & Orion on trouve Capella, qui » est une Etoile de la premiére grandeur.

21. » Une ligne droite conduite par l'œil du Taureau, » qui est auprès de la Poussiniere, comme nous l'avons déjà » dit, & par la ceinture d'Orion, ou par les trois Rois, » va se rendre à Sirius, qui est dans la gueule du Grand » Chien, & qui est l'Etoile la plus lumineuse du Ciel.

22. » On peut former plusieurs autres alignemens: mais » pour se rendre cette étude beaucoup plus facile, il faut » toujours, lorsqu'on consulte la Carte, être attentif à la » disposer, comme est alors le Ciel. Il faut aussi s'accoutu-

» mer à s'imaginer les figures des Conftellations, ou à les » deffiner dans le Ciel. Si l'on regarde, par exemple, » le Taureau & Orion, on trouvera, en figurant le Tau- » reau, deux Etoiles qui forment les extrémités des cor- » nes qui avancent entre Capella & Orion. Dans cette » derniére Conftellation les trois de la Ceinture font au » milieu ; les deux épaules font vers le Nord, & font très- » marquées ; la tête ne l'eft guère ; mais un des pieds a une » Etoile parfaitement belle, nommée *Rigel*, qui eft de la » premiére grandeur. «

23. *TABLE de la fituation des principales Etoiles qui font du côté du Nord du Ciel.*

Pour le commencement de 1755.

	Afcenfions droites.		Augment. en Afcenf. droites pour 60 ans.		Déclinaifons.		Changemens en déclinaifons pour 60 ans.
	Deg.	Min.	Deg.	Min.	Deg.	Min.	Minutes.
Le bout de l'aîle de Pégafe	0	10	0	47	13	49	20 ajout.
La poitrine de Caffiopée	6	42	0	50	55	12	20 ajout.
L'étoile du Nord, ou l'extrêmité de la queue de la petite Ourfe.	10	53	2	25	88	0	20 ajout.
Le pied du Sud d'Andromede	27	14	0	55	41	10	18 ajout.
La corne la plus Nord d'Ariès	28	22	0	50	22	17	18 ajout.
La machoire de la Baleine	42	21	0	47	3	7	15 ajout.
La claire de Perfée	46	42	1	2	48	58	14 ajout.
L'œil du Taureau, *Aldebaram*	65	28	0	51	5	59	8 ajout.
La Chévre, *Capella*	74	40	1	6	45	43	6 ajout.
L'épaule d'Orion	85	29	0	50	7	20	2 ajout.
Le petit chien, *Procyon*	111	36	0	48	5	50	9 fouft.
Le cœur du Lion, *Regulus*	148	49	0	48	13	10	17 fouft.
La plus Nord des fept de la grande Ourfe	162	1	1	0	63	5	19 fouft.
La queue du Lion	174	6	0	48	15	56	20 fouft.
Le bout de la queue de la grande Ourfe	204	30	0	37	50	33	18 fouft.
Le bas de la robe de Bo-otès, *Arcturus*	211	8	0	41	20	29	19 fouft.
La claire des gardes dans l'épaule de la petite Ourfe	222	57	0 fouft.	7	75	9	15 fouft.
La claire de la lire, *Wéga*	277	10	0	30	38	35	3 ajout.
Le col de l'Aigle	294	42	0	44	8	14	9 ajout.
La queue du Cygne	308	16	0	32	44	25	12 ajout.
La cuiffe de Pégafe	342	59	0	44	26	44	19 ajout.
La jonction de l'aîle de Pégafe	343	9	0	44	13	53	19 ajout.
La tête d'Andromede	358	57	0	45	27	44	20 ajout.

TABLE de la situation des principales Etoiles qui sont du côté du Sud du Ciel.

Pour le commencement de 1755.

	Ascensions droites.		Augment. en Ascens. droites pour 60 ans.		Déclinaisons.		Changemens en Déclinaisons pour 60 ans.
	Deg.	Min.	Deg.	Min.	Deg.	Min.	Minutes.
La queue de la Baleine	7	48	0	44	19	20	20 soust.
L'extrêmité Sud du fleuve Eridan, *Acarnar*	22	2	0	34	58	29	20 soust.
Le pied d'Orion, *Rigel*	75	41	0	43	8	31	5 soust.
La seconde du baudrier d'Orion ou le second des trois Rois . .	80	57	0	47	1	23	3 soust.
La claire du navire Argo, *Canopus*	94	37	0	20	52	34	3 ajout.
La gueule du grand Chien, *Sirius*	98	34	0	40	16	24	4 ajout.
La claire de l'Hydre	138	54	0	45	7	36	15 ajout.
La plus australe du Cruzero, ou de la Croix du Sud	183	45	0	48	61	42	20 ajout.
L'épi de la Vierge	198	5	0	48	9	52	19 ajout.
La luisante du pied du Centaure.	216	31	1	7	59	48	16 ajout.
Le cœur du Scorpion, *Antarès* .	243	36	0	55	25	52	10 ajout.
L'épaule la plus Septentrionale du Verseau	329	12	0	47	1	30	17 soust.
La claire du Poisson nautique, *Fomahan*	341	1	0	48	30	55	19 soust.



Carte du Ciel pour l'Hemisphere Septentrional.

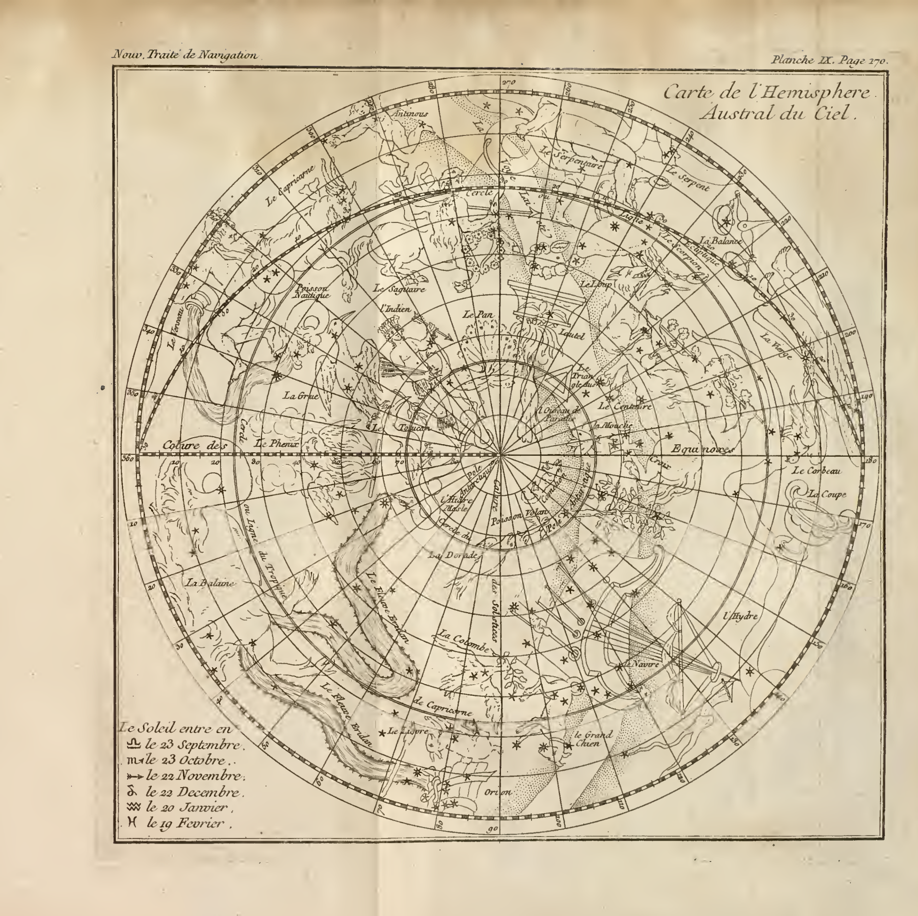
Le Soleil entre en

- ♈ *le 20 Mars*
- ♉ *le 20 Avril*
- ♊ *le 20 May*
- ♋ *le 21 Juin*
- ♌ *le 22 Juillet*
- ♍ *le 23 Aoust*

Grandeur des Etoiles

- 1 ✳
- 2 ✳
- 3 ✳
- 4 ✳




Carte de l'Hemisphere Austral du Ciel.
Antinous
Le Capricorne
Le Serpentaire
Le Serpent
La Balance
Le Scorpion
Le Verseau
Poisson Nautique
Le Sagittaire
l'Indien
Le Pan
Le Loup
Lautel
La Vierge
Le Triangle Austral
La Grue
l'Oiseau de Paradis
Le Centaure
La Mouche
Le Toucan
Le Phenix
Colure des Equinoxes
Croix
Le Corbeau
La Coupe
l'Hydre Masle
Poisson Volant
Pole Antarctique
La Dorade
La Balaine
Cercle ou Ligne du Tropique de Capricorne
Le Fleuve Eridan
Colure des Solstices
La Colombe
L'Hydre
Le Navire
Le Lievre
le Grand Chien
Orion
Le Soleil entre en
♎ le 23 Septembre.
♏ le 23 Octobre.
♐ le 22 Novembre.
♑ le 22 Decembre.
♒ le 20 Janvier.
♓ le 19 Fevrier.

CHAPITRE II.

Des Planétes & de leur Mouvement propre ou particulier d'Occident en Orient; du Mouvement du Soleil, &c.

I.

24. PENDANT que les Cieux, en tournant d'Orient en Occident en 24 heures, entraînent avec eux toutes les Etoiles fixes, il y a d'autres Aſtres qui changent de ſituation les uns par rapport aux autres, & qui avancent ordinairement chaque jour vers l'Orient, en répondant à différentes Etoiles. Ces Aſtres qui ont un mouvement particulier, ſe nomment *Planétes*, & on en compte ordinairement ſept, qui ſont, Saturne, Jupiter, Mars, le Soleil, Venus, Mercure & la Lune. Lorſque le Ciel paroît faire une révolution autour de la Terre, la Planéte n'en fait pas exactement une : quelques-unes de ces Planétes paroiſſent avoir un mouvement fort irrégulier; mais en général elles avancent chaque jour un peu vers l'Orient, & ce n'eſt qu'après un tems aſſez conſidérable qu'elles ſe trouvent avoir achevé le tour du Ciel en ſens contraire au mouvement d'Orient en Occident qui ſe fait en 24 heures. Saturne emploie 29 ou 30 ans à revenir au même point par ce mouvement qui lui eſt particulier ou propre, & qu'on nomme ſon ſecond mouvement ; Jupiter met douze ans, &c.

25. Si on cherche dans un Calendrier ou Almanach, la déclinaiſon & l'aſcenſion droite de ces Planétes, on pourra marquer leur place ſur la Carte du Ciel ; on ſçaura auprès de quelles Etoiles elles ſe trouvent ; & il ne ſera pas difficile enſuite de diſtinguer celles qu'on pourroit confondre avec les Etoiles fixes. En général elles ſont moins étincellantes ; ce qui vient de ce qu'elles emprun-

tent leur lumiére du Soleil : il ne s'en faut que peu de degrez qu'elles ne ſuivent toutes dans le Ciel la même route ; elles ne s'écartent guére de l'Ecliptique qui eſt la trace que forme le Soleil par ſon ſecond mouvement, ou par ſon mouvement propre. On les indique pour l'ordinaire par les caractéres ſuivans ; ♄ marque Saturne ; ♃ Jupiter ; ♂ Mars ; ⊙ le Soleil ; ♀ Venus ; ☿ Mercure, & ☾ la Lune.

26. Il faut remarquer que nous n'entreprenons pas d'expliquer ici l'ordre qu'il y a réellement entre les Planétes ; nous nous propoſons ſimplement d'expoſer leurs principales apparences. Nous pouvons nous trouver par rapport au mouvement des Cieux, dans le même cas qu'un Marin qui eſt ſur un Vaiſſeau, & qui a de la peine à démêler de loin, & même ſouvent de près, les différens mouvemens des objets qu'il voit autour de lui.

I I.

Du Mouvement du Soleil par rapport au Ciel.

27. Le Soleil par ſon mouvement particulier avance par jour vers l'Orient d'environ un degré, ou de deux fois ſa largeur ; & il fait le tour du Ciel en un an. S'il eſt aujourd'hui auprès d'une certaine Etoile, demain, après que ces deux Aſtres auront fait une révolution autour de la Terre en 24 heures du Levant vers le Couchant, le Soleil ſe trouvera éloigné de l'Etoile de 59 ^{m}. 8 ſecondes vers l'Eſt ; le lendemain de deux fois 59 ^{m}. 8 ſecondes, le troiſiéme jour de trois fois cet eſpace, & il n'atteindra derechef la même Etoile qu'au bout d'un an ou de 365 jours environ 6 heures. Il faut remarquer outre cela que le mouvement particulier du Soleil n'eſt pas un ſimple retardement par rapport au mouvement du Ciel d'Orient en Occident. Le Soleil n'avance pas vers l'Eſt dans un ſens ab-

ſolument

ſolument parallele à l'Equateur : il marche obliquement, & il change de déclinaiſon ; il coupe l'Equateur de ſix mois en ſix mois en paſſant de la partie du Nord à celle du Sud, ou de celle du Sud à celle du Nord ; il s'éloigne de chaque côté de l'Equateur de 23 d. 28 $\frac{1}{2}$ m.

28. Il a été très-facile de s'aſſûrer de cette quantité préciſe dont le Soleil avance vers le Nord, & enſuite vers le Sud par ſon mouvement particulier. Si cet Aſtre faiſoit exactement 59 min. 8 ſecon. vers l'Orient par rapport au Ciel, en ſuivant l'Equateur, il eſt vrai qu'il répondroit tous les jours à différentes Etoiles ; mais on n'appercevroit aucun autre changement. Le Soleil ſe leveroit toujours exactement à l'Eſt, & ſe coucheroit toujours à l'Oueſt ; il monteroit auſſi toujours à midi à la même hauteur, & on ne remarqueroit aucune différence dans les Saiſons. Mais, comme tous les Lecteurs le ſçavent, les choſes ſe paſſent bien différemment. Le Soleil pendant ſix mois avance vers notre Zénith, & pendant ſix autres mois il s'en écarte. Si l'on obſerve ſa hauteur à midi au plus grand jour d'Été, & qu'on l'obſerve auſſi à midi au plus petit jour d'Hiver, on trouvera que l'une ſurpaſſe l'autre de 46 d. 57 m. dont la moitié 23 d. 28$\frac{1}{2}$ m. eſt la quantité dont cet Aſtre s'éloigne de l'Equateur de chaque côté.

29. Les Anciens ont diſtribué en douze Conſtellations toutes les Etoiles auprès deſquelles le Soleil paſſe, & ils ont nommé ces Conſtellations les *douze Signes*. Les Etoiles qui les forment, ont changé de place en avançant dans le ſens parallele à l'Ecliptique, comme nous l'avons déja dit. * Mais on a continué de donner le même nom & le nom de Signes à chaque partie de l'Ecliptique qui eſt de 30 deg. & que le Soleil parcourt environ en 30 jours. Voici les noms qu'on donne à ces eſpaces, tant en Latin qu'en François, avec les caractéres dont on ſe ſert ordinairement pour les déſigner. Les ſix premiers appartiennent à la moitié de l'Ecliptique qui eſt du côté du Nord, & que le Soleil parcourt depuis le 20 Mars juſqu'au 22 de

* Voyez N°. 9.

Septembre : les six autres sont du côté du Sud ; le Soleil les parcourt depuis le 22 Septembre jusqu'au 20 de Mars.

30. *Aries*	Le Belier	♈	*Libra*	La Balance	♎
Taurus	Le Taureau	♉	*Scorpius*	Le Scorpion	♏
Gemini	Les Gemeaux	♊	*Arcitenens*	L'Archer	♐
Cancer	L'Ecreviffe	♋	*Caper*	La Chevre	♑
Leo	Le Lion	♌	*Amphora*	Le Verfeau	♒
Virgo	La Vierge	♍	*Pifces.*	Les Poiffons.	♓

31. Les douze Signes nous préfentent quatre points principaux dans l'Ecliptique ou dans la route que fuit le Soleil en avançant tous les jours vers l'Orient par rapport au Ciel. Ces quatre points fervent de commencement aux quatre Saifons, le Printems, l'Été, l'Automne & l'Hiver. Le commencement d'*Aries* & de *Libra* tombent fur l'Equateur, & ils font à l'oppofite l'un de l'autre ; le Soleil s'y trouve le 20 de Mars & le 22 de Septembre ; le jour eft alors égal à la nuit. Le Soleil eft au milieu du Ciel, à la même diftance d'un Pole que de l'autre. Il fe léve auffi alors exactement au vrai Eft, & il va fe coucher au point précis de l'Oueft. On donne le nom d'*Equinoxe* à ces deux jours remarquables. Le 20 Mars on a l'équinoxe du Printems, & le 22 Septembre on a l'équinoxe d'Automne. Au milieu de ces deux points l'Ecliptique en a deux autres qui font les plus éloignés de l'Equateur, & on les nomme les deux *Solftices,* parce que le Soleil, en ceffant de s'éloigner de l'Equateur, femble s'arrêter avant que de fe rapprocher de ce cercle. Ces deux points font les commencemens de *Cancer* & de *Caper.* Le Soleil parvient au commencement de *Cancer* le 21 de Juin, & on a alors le folftice d'Eté. L'autre folftice qui eft celui d'Hiver, arrive le 21 de Décembre lorfque le Soleil entre dans *Caper.* Les deux folftices font éloignés de l'Equateur de $23^{d}.\ 28\frac{1}{2}^{m}.$ & c'eft lorfque le Soleil y eft parvenu, qu'il a fa plus grande déclinaifon.

32. On donne le nom de *Colures* aux Méridiens qui passent par les quatre points principaux de l'Ecliptique : on les considére chacun comme des cercles entiers. Ainsi les deux Colures se coupent perpendiculairement aux deux Poles du Monde, & ils partagent l'Ecliptique en quatre parties égales, de même que l'Equateur. Le Soleil emploie une saison entiére à passer par son second mouvement d'un Colure, à l'autre. Nous avons marqué par des traits plus forts ces cercles dans les deux Cartes du Ciel. On distingue l'un en le nommant le Colure des Equinoxes, celui qui passe par le commencement d'*Aries* & de *Libra* ; & l'autre est le Colure des Solstices qui passe par le commencement de *Cancer* & de *Caper*. Une des moitiés du Colure des Equinoxes, celle qui passe par les commencemens d'*Aries*, est le Méridien dont nous avons déja parlé, & d'où on commence à compter l'Ascension droite *; c'est-à-dire, que l'Equateur étant divisé en 360 degrez, on prend pour commencement du premier degré d'Ascension droite, le point où le Soleil se trouve à l'Equinoxe du Printems.

* Voyez N°. 7.

III.

De la Sphère Armillaire.

33. On a imaginé, pour rendre plus sensibles la plûpart des choses que nous venons d'expliquer, une Machine qui représente le Ciel & la Terre, & on la nomme *Sphère Armillaire*, à cause de sa composition. Cette Machine est assez commune, & il seroit à propos que les Lecteurs en eussent une sous les yeux, quoique nous croyons que nos explications seront aisément entendues sans ce secours. Nous ne parlons ici de sa forme & de son usage qu'afin d'avoir occasion de récapituler en peu de mots tout ce que nous venons de dire.

34. La Sphère Armillaire a un petit Globe ou une petite boule au milieu, qui représente la Terre, & elle est

soutenue par une verge qui la traverse, & qui va se rendre aux deux Poles du Ciel. Cette verge se nomme l'*Axe* ou l'*Essieu* du Monde. Le Ciel est représenté par plusieurs cercles qui ont la liberté de tourner sur les deux Poles ou autour de l'Axe. On se contente ordinairement de former la Sphère de dix cercles, sçavoir, six grands & quatre petits. Voici leurs noms : l'*Horison*, le *Méridien*, l'*Equateur*, l'*Ecliptique* & les *deux Colures*; les quatre petits cercles sont les deux *Tropiques* & les deux *Cercles polaires*. Chaque grand cercle coupe la Sphère par la moitié, au lieu que les petits cercles la coupent en parties inégales, & n'ont pas le même centre qu'elle.

35. Entre les grands cercles il y en a deux qui sont stables, & dont la situation dépend de l'endroit de la Terre où est l'Observateur : c'est l'Horison & le Méridien. Comme il y a une infinité de points sur la surface de la Terre, il y a aussi une infinité de différens Horisons & de différens Méridiens. Mais la Sphère Armillaire ne représente l'Horison & le Méridien que pour un seul Observateur ou pour un seul lieu. Le Méridien passe par le Zénith & par le Nadir ; &, comme on le sçait déja, il coupe l'Horison au vrai Nord & au vrai Sud, en séparant également les côtés de l'Orient & de l'Occident. Après que les Astres se sont levés, ils vont en montant jusqu'à ce qu'ils arrivent au Méridien. Parvenus à ce cercle, ils ont leur plus grande hauteur, & dans le même instant ils commencent à descendre vers l'Occident.

36. Le Méridien est ordinairement gradué : ses degrez marquent la quantité dont le Pole est élevé au-dessus de l'Horison. On doit se souvenir que cette élévation est égale à la latitude du lieu où l'on est.*

37. On marque assez souvent sur l'Horison les 32 rumbs de vent. Le Nord & le Sud sont déterminés par les Poles auxquels ils répondent. On prolonge en lignes droites par la pensée les autres rumbs pour l'endroit de la terre où l'on est ; & ils viennent se rendre aux points marqués sur la

* Voyez N°. 15. Liv. II.

circonférence de l'Horison. Toute cette circonférence est aussi divisée en degrez. Ils marquent les vraies amplitudes des Astres, tant les amplitudes ortives qu'occases, ou les orientales que les occidentales. * Ces degrez commencent aux vrais points de l'Orient & de l'Occident, & ils s'étendent jusqu'à 90 degrez qui se terminent aux points du Nord & du Sud.

* Voyez N°. 68. du II. Livre.

38. L'assemblage des autres cercles a la liberté de tourner sur les deux points qui représentent les deux Poles du Monde : & ces cercles sont soutenus par les deux Colures qui se coupent à angles droits aux deux Poles du Monde. L'Equateur est au milieu du Ciel & de ces deux points ; il coupe l'Horison au vrai Est & au vrai Ouest ; & il est incliné lorsqu'un des Poles est élevé au-dessus de l'Horison, & que l'autre Pole est abaissé. L'Equateur est divisé en degrez qui marquent les Ascensions droites ou les quantités dont les Astres sont plus vers l'Orient les uns que les autres. On verra aussi que l'Ecliptique coupe l'Equateur obliquement ; ces deux cercles font l'un avec l'autre un angle de 23^{d}. $28\frac{1}{2}^{m}$. L'Ecliptique est non-seulement divisé en degrez & en ses douze signes ; on marque ordinairement à côté les jours ou quantiémes que le Soleil arrive à chaque point par son mouvement particulier ou propre d'Occident en Orient. Ce cercle est presque toujours placé dans les Sphères Armillaires au milieu d'une large bande qu'on nomme *Zodiaque*. On donne à cette bande environ 16 degrez de largeur : elle comprend le mouvement des Planétes qui suivent toutes dans leur mouvement particulier, comme nous l'avons déja dit, à peu près la même route que le Soleil, mais qui s'en écartent tantôt d'un côté & tantôt de l'autre, d'un certain nombre de degrez.

39. Enfin on voit dans la Sphère Armillaire les deux Tropiques & les deux Cercles polaires. Les deux *Tropiques* sont les deux Paralleles qui servent de limites au Soleil, ils sont éloignés de part & d'autre de l'Equateur de-

23 d. 28 $\frac{1}{2}$ m. L'Ecliptique va obliquement de l'un à l'autre. Celui qui eſt du côté du Nord ſe nomme le *Tropique de Cancer*, parce qu'il répond ſous le commencement de ce ſigne, & l'autre qui eſt du côté du Sud, ſe nomme le *Tropique de Caper*. Aux environs des deux Poles du Monde on voit deux autres Paralleles : ce ſont les *Cercles polaires* qu'on diſtingue, en nommant l'un, *Arctique* ou *Septentrional*, & l'autre, *Antarctique* ou *Méridional*. Ces Paralleles ſont décrits par les Etoiles qui ſont éloignées des Poles de 23 d. 28 $\frac{1}{2}$ m. ou qui ont préciſément 66 d. 31 $\frac{1}{2}$ m. de déclinaiſon.

De quelques autres Cercles qu'on imagine dans la Sphère.

40. On conçoit encore dans la Sphère Armillaire d'autres cercles & d'autres lignes qu'on n'y repreſente pas, afin d'éviter la confuſion. La ligne droite tirée du Zénith au Nadir, ſe nomme *Ligne verticale*. Nos fils à plomb indiquent la ſituation de cette ligne, ou en ſont comme des portions ; & toutes les lignes verticales vont ſe couper au centre de la Terre.

41. On imagine auſſi des cercles qui deſcendent du Zénith au Nadir, tout autour de nous, en coupant l'Horiſon perpendiculairement, & on les nomme *Azimuts* ou *Verticaux*. Ils meſurent la hauteur des Aſtres, & ils ſervent auſſi à rapporter les Aſtres aux points de l'Horiſon auxquels ils répondent. Il n'eſt pas néceſſaire, par exemple, qu'une Etoile ſoit dans l'Horiſon à 45 degrez de diſtance du vrai Nord vers l'Orient, pour ſe trouver au *N E*. Il ſuffit qu'elle réponde exactement au-deſſus du point du *N E*, & c'eſt aſſez pour cela qu'elle ſoit dans le vertical ou azimuth qui paſſe par ce point.

42. Il y a une infinité de verticaux ou d'azimuths ; & on nomme *premier Vertical*, celui qui coupe l'Horizon au vrai Eſt & au vrai Oueſt. Ce cercle eſt exactement entre le point du vrai Nord & le point du vrai Sud. Un Aſtre, quoi-

que très-élevé, qui eſt dans le premier vertical, répond exactement à l'Eſt ou à l'Oueſt.

43. On conçoit encore de petits cercles qui ſont paralleles à l'Horiſon en-deſſus & en-deſſous, & qui ſont de plus petits en plus petits, à meſure qu'ils ſont plus près du Zénith ou du Nadir. On nomme ces cercles *Almicantarats* : ils ſervent à diſtinguer les Aſtres, quant à leur hauteur : les Etoiles qui ſont ſur le même Almicantarat ont exactement la même hauteur.

Des trois Situations de la Sphère.

44. L'Equateur ayant différentes ſituations, par rapport à notre Horiſon, ſelon les divers endroits de la Terre où nous habitons, on dit que la Sphère eſt *droite*, *oblique* ou *parallele*.

45. Preſque tous les lieux de la Terre ont la *Sphère oblique*, parce que dans la plûpart des Pays, l'Equateur coupe l'Horiſon obliquement. Un des Poles eſt élevé & l'autre abaiſſé. Les Etoiles qui ſont très-voiſines du Pole élevé ne ſe couchent pas pour les Peuples qui ont la Sphère oblique; & en récompenſe, d'autres Etoiles ne ſe levent jamais, celles qui ſont trop près du pole abaiſſé. Dans la Sphère oblique les jours ſont plus grands dans certaines ſaiſons, & plus petits dans d'autres, ſelon que le Soleil eſt avancé vers l'un ou l'autre Pole, vers le Pole élevé ou vers le Pole abaiſſé.

46. Si nous nous rendons à l'Equateur de la Terre, notre Zénith ſe rendra à l'Equateur du Ciel, & les deux Poles ſe trouveront dans notre Horiſon. La Sphère ſera alors droite, & il eſt évident que les jours ſeront exactement égaux aux nuits, en quelque endroit que ſoit le Soleil par rapport à l'Equateur céleſte. L'Etoile du Nord même reſtera douze heures au-deſſus de l'Horiſon pour nous, & douze heures au-deſſous; puiſque le parallele qu'elle décrit ſera coupé par notre Horiſon, comme par un dia-

métre. Il faut, comme il eſt évident, pour avoir la Sphère droite, ſe trouver exactement dans le milieu de la Zone torride; *il faut n'avoir point de latitude.

* Voyez N°. 10. Liv. II.

47. Enfin ſi on pouvoit aller juſqu'à un des Poles de la Terre, ou parvenir juſqu'au milieu d'une des Zones froides ou glaciales,* on auroit la Sphère parallele, parce que l'Equateur feroit parallele à l'Horiſon, ou que ces deux cercles ſe confondroient l'un avec l'autre. On auroit un des Poles ſur la tête: nulle des Etoiles qui ſeroient dans le même Hémiſphère ne ſe coucheroit. Mais ce qui eſt principalement digne de remarque, on verroit le Soleil tout le temps qu'il parcourroit une moitié de l'Ecliptique. On le verroit depuis le 20 de Mars juſqu'au 22 Septembre, ſi l'on étoit au Pole du Nord. Les cercles que cet Aſtre décrit, en tournant d'Orient en Occident en 24 heures, & dont il n'y a, pendant l'Eté, qu'une petite partie au-deſſous de la Terre, par rapport à nous, ſeroient entiérement au-deſſus de l'Horiſon, pour l'Obſervateur placé au Pole. Ainſi on auroit un jour de ſix mois conſécutifs, qui ſeroit ſuivi d'une nuit auſſi longue, lorſque le Soleil, en ſe rendant de l'autre côté de l'Equateur, paſſeroit au-deſſous de l'Horiſon.

* Voyez N°. 11. Liv. II.

CHAPITRE III.

De la Diſtinction des Années Biſſextiles & des Années Communes, avec l'Explication des Tables de l'Aſcenſion droite & de la Déclinaiſon du Soleil.

I.

48. SI le Soleil employoit exactement un certain nombre de jours à revenir au même point du Ciel par ſon mouvement particulier, on ne manqueroit pas de régler

gler la longueur de l'année ſur ce nombre de jours; afin d'attacher, pour ainſi dire, les mêmes ſaiſons aux mêmes quantiémes, & de faire en ſorte que toutes les années, autant qu'il dépend de nous, fuſſent conformes les unes aux autres. Mais on ſçait par obſervation que le Soleil met 365 jours 5 heures 49 minutes à revenir au même degré de l'Ecliptique, & nous ne pouvons pas donner cette longueur à notre année, qui ne doit être formée que d'un certain nombre de jours complets.

49. Tout ce qu'on peut faire de plus pour mieux ſuivre le cours du Soleil, c'eſt de joindre des années trop courtes avec des années trop longues, & de faire en ſorte qu'un certain nombre des unes & des autres priſes enſemble, ſoit de même longueur qu'un même nombre d'années ſolaires, ou de révolutions du Soleil autour de l'Ecliptique. On fait trois années de ſuite de 365 jours, & on ajoute un jour de plus à la quatriéme, qu'on fait de 366 jours, & qu'on nomme *Biſſextile*, pendant qu'on donne le nom de *communes* aux trois autres. Le jour de plus, on l'ajoute à Février, qui a 29 jours dans les quatriémes années, au lieu qu'il n'a que 28 jours dans les années communes. Cet arrangement fut preſcrit par Jules Céſar; ce qui eſt cauſe qu'on donne le nom de *Stile Julien* à cette maniére de régler les années. On a choiſi celles dont le nombre eſt diviſible par quatre, pour les rendre biſſextiles: 1752 eſt une de ces années; 1756 en ſera également une, de même que 1760, 1764, 1768, &c. elles ſeront de 366 jours, au lieu que les intermédiaires ſeront communes, ou ne ſeront que de 365 jours. Les unes compenſant les autres, quatre ſont égales à quatre révolutions du Soleil, ou, ce qui revient au même, l'accord entre notre maniére de compter & le cours du Soleil, recommence tous les quatre ans.

50. Il y a cependant encore quelque différence au bout de quatre ans; car pour qu'il y eût égalité, il faudroit que le Soleil mît préciſément 365 jours 6 heures à revenir au mê-

me degré de l'Ecliptique, au lieu que, comme nous l'avons dit, il n'employe à achever sa révolution que *365* jours *5* heures *49* minutes. Lorsqu'on a donc égard à la compensation que forment les 4 ans pris ensemble, & qu'on compare chacune de nos années à l'année solaire, il y a un excès de 11 minutes, & sur les quatre ans il y en a un de 44 minutes, c'est-à-dire, que quatre de nos années sont trop longues de 44 minutes, ou que le Soleil, au lieu de finir ses quatre révolutions avec nos quatre années, les finit 44 minutes plutôt.

*5*1. Cette différence, en se multipliant, si on ne prenoit soin de la prévenir, deviendroit à la fin très-considérable. Elle avoit déja produit effectivement 10 jours, lorsque Grégoire XIII, en corrigeant le Calendrier en 1582, ordonna, pour empêcher cette erreur de s'accumuler, qu'on retranchât dans la suite une année bissextile tous les cent ans, excepté à la fin de chaque quatriéme siécle. L'année 1700 n'a pas été bissextile par cette raison; 1800 ne le sera pas non plus, ni 1900, mais l'an 2000, fin du quatriéme siécle, aura *366* jours. Dans l'impossibilité où l'on se trouve de faire chaque année en particulier égale à celle du Soleil, on réussit presqu'à rendre quatre de nos années de même longueur que celles du Soleil: la petite différence qui reste au bout des quatre ans, on la corrige de siécle en siécle; & comme cette correction n'est pas encore suffisante, on y retouche tous les quatre cens ans. Cette forme de Calendrier qui est connu sous le nom de *nouveau Stile*, ou de *Stile Grégorien*, n'ayant pas été généralement adoptée, quelques Nations comptent encore actuellement 11 jours de quantiéme moins que nous. Après l'an 1800 la différence sera augmentée d'un jour, & elle sera de 13 jours pendant les deux siécles qui suivront l'an 1900.



II.

Explications des Tables des Aſcenſions droites & des Déclinaiſons du Soleil.

52. Le concours des années communes & biſſextiles nous met dans une eſpéce de néceſſité d'avoir des Tables d'aſcenſions droites & de déclinaiſons, pour quatre années conſécutives. Les premiéres qu'on trouvera à la fin de ce Chapitre marquent les Aſcenſions droites ou le degré de l'Equateur auquel répond le Soleil; & les quatre dernieres nous fourniſſent les Déclinaiſons. Si on nous demande le lieu du Soleil pour le 16 Août 1756, la premiére de ces Tables nous donnera 148 deg. 8 min. pour l'aſcenſion droite ; & la premiére des quatre de Déclinaiſons nous apprendra que la diſtance du Soleil à l'Equateur eſt de 12 deg. $54\frac{1}{2}$ min. du côté du Nord. Nous connoîtrons parfaitement après cela quel eſt le point du Ciel qu'occupe le Soleil; nous ſerons en état de le marquer ſur les Cartes céleſtes, & nous pourrons auſſi le comparer avec le lieu des Etoiles fixes, dont nous avons donné un Catalogue abrégé dans le premier Chapitre. * On verra, par exemple, que le Soleil, le 16 Août 1756, ſera très-proche de *Regulus*, dont l'aſcenſion droite ſera alors de 148 deg. 50 min. & la déclinaiſon de 13 deg. 10 min. Une premiére conſéquence qu'on tirera de cette remarque, c'eſt que toute la partie du Ciel qui eſt aux environs de Regulus, ſera alors ſur l'Horiſon en même tems que le Soleil, & ce ſera donc la partie oppoſée qu'on verra pendant la nuit.

* Voyez N°. 23.

53. Si l'on veut avoir le lieu du Soleil pour quelqu'heure du matin ou du ſoir, il faudra prendre les parties proportionnelles dans les Tables : l'opération ſera toujours très-facile ; cependant comme elle exige quelqu'attention de plus, lorſqu'il s'agit de la déclinaiſon, nous allons inſiſter un peu ſur ce dernier point.

Trouver dans les Tables la Déclinaiſon du Soleil pour une certaine heure du matin ou du ſoir.

54. La déclinaiſon du Soleil va en augmentant depuis un équinoxe juſqu'à un ſolſtice, & va au contraire en diminuant depuis un ſolſtice juſqu'à un équinoxe. Outre cela, elle ne change pas toujours également; elle ſouffre un changement d'environ 24 min. d'un jour à l'autre vers les équinoxes, au lieu qu'elle change d'une maniére preſqu'inſenſible vers les ſolſtices; la partie de l'Ecliptique que le Soleil décrit alors, & qui eſt voiſine des Tropiques, étant preſque parallele à l'Equateur. Puiſque les Tables nous apprennent la différence pour 24 heures ou pour un jour, il nous ſuffit toujours de faire une petite Regle de Trois, pour trouver combien la déclinaiſon doit être plus petite ou plus grande à l'heure propoſée qu'à midi. Il ne reſtera plus enſuite qu'à ajouter ce changement, ou le retrancher, ſelon que la déclinaiſon va en augmentant ou en diminuant. Il faut toujours comparer l'heure propoſée avec Midi, parce que les Tables ſont calculées pour cette derniére heure.

55. Si l'on veut ſçavoir, par exemple, combien le Soleil aura de déclinaiſon le 12 Mars 1756 à 8 heures du matin, on verra dans la Table que le Soleil avance alors vers l'Equateur de 24 minutes par jour. Ainſi dans les quatre heures d'intervalle qu'il y aura depuis 8 heures du matin juſqu'à Midi, la déclinaiſon doit changer à proportion de quatre minutes, & ces quatre minutes ſont à ajouter à 3 deg. 0 min. marqués pour Midi, puiſque la déclinaiſon doit être plus grande le matin. Il ſuit de-là qu'elle ſera à 8 heures du matin de 3 deg. 4 min. & méridionale. Si l'on demandoit la déclinaiſon pour 4 heures du ſoir du même jour, les quatre minutes ſeroient à retrancher du nombre

marqué dans la Table, & on auroit 2 deg. 56 min. pour la déclinaison requise.

56. *Second Exemple.* On demande la déclinaison du Soleil pour le 18 Avril 1758, à 10 heures du soir. Elle augmente pour ce tems-là de 21 min. par jour; ainsi depuis midi jusqu'à 10 heures du soir elle doit changer de presque 9 min. qui sont à ajouter à la déclinaison pour Midi, & on aura 11 deg. 4 min. On trouve les 9 min. d'augmentation par cette petite Regle de Trois. Si 24 heures font changer la déclinaison de 21 min. quel changement doit produire 10 heures? il vient au quatriéme terme $8\frac{3}{4}$ min. & pour ne point s'embarrasser de fractions, on prend 9 min. Il est évident qu'il faudroit au contraire retrancher cette même quantité, si on vouloit avoir la déclinaison pour 2 heures du matin. La différence seroit également de 9 min. mais lorsque le Soleil va en augmentant sa déclinaison, il doit en avoir moins le matin; on auroit donc 10 deg. 46 min. pour la distance du Soleil à l'Equateur.

Trouver la Déclinaison du Soleil pour les endroits qui sont à l'Orient ou à l'Occident du Méridien de l'Isle-de-Fer.

57. Nos Tables sont calculées pour l'instant de Midi à l'Isle-de-Fer; mais si on est sur un autre Méridien vers l'Orient ou vers l'Occident, lorsqu'on y aura Midi, il sera une autre heure à l'Isle-de-Fer; ainsi il faudra nécessairement faire une réduction aux Tables, pour pouvoir s'en servir. Si l'on est à l'Orient, on aura Midi plutôt, & on l'aura au contraire plus tard si l'on est à l'Occident. Il suit de-là qu'il faut faire la réduction pour les lieux Orientaux, comme si on vouloit faire servir les Tables pour quelque heure du matin; & qu'il faut opérer au contraire pour les lieux Occidentaux, comme si on vouloit étendre la Table à une certaine heure du soir.

58. Il s'agit en général de chercher par la différence des longitudes quelle heure il eſt à l'Iſle-de-Fer, dans le tems pour lequel on demande la déclinaiſon. Il faut dans l'évaluation des degrez de longitude, en prendre 15, comme on le ſçait, pour une heure, & prendre 4 min. d'heure pour chaque degré. Nous mettons à la ſuite des Tables des Aſcenſions droites du Soleil deux petites Tables, qui ſerviront à faire ces réductions. Suppoſé donc qu'on ſoit par 130 degrez de longitude, & qu'on demande la déclinaiſon pour Midi, on remarquera d'abord, que 130 deg. valent 8 heures 40 min. Lorſqu'on aura Midi, le Soleil ſera moins avancé de cette quantité pour l'Iſle-de-Fer, & il ne ſera que 3 heures 20 min. du matin dans cette Iſle. Ainſi il ne reſtera plus qu'à chercher, par le moyen de nos Tables la déclinaiſon pour le jour propoſé, à 3 heures 20 min. du matin.

59. Suppoſons, pour ſecond exemple, qu'on ſoit vers le fond du Golfe du Méxique, par 280 deg. de longitude, & qu'on veuille trouver la déclinaiſon du Soleil pour le 18 Septembre 1757 à Midi, on ſera alors 80 degrez à l'Oueſt de l'Iſle-de-Fer, ou par 80 deg. de longitude Occidentale; & ces 80 deg. valent 5 heures 20 min. Mais puiſqu'on ſera à l'Occident de l'Iſle-de-Fer, il ſera 5 heures 20 min du ſoir dans cette Iſle, lorſqu'on aura Midi dans le Golfe du Méxique. La queſtion ſe réduit donc à trouver la déclinaiſon du Soleil pour l'Iſle-de-Fer à 5 heures 20 min. du ſoir, le 18 Septembre 1757. La différence en déclinaiſon pour 24 heures eſt de 23 min. & demie, elle ſera à proportion d'un peu plus de 5 min. pour 5 heures 20 min. & ces 5 min. ſont à ſouſtraire. Ainſi nous aurons 1 deg. 37 min. pour la déclinaiſon requiſe, celle qu'a le Soleil le 18 Septembre 1757, lorſqu'il eſt 5 heures 20 min. du ſoir à l'Iſle-de-Fer, ou lorſqu'il eſt Midi par 280 degrez de longitude.

Remarques sur la Méthode précédente de faire servir pour un autre Méridien les Tables dressées pour le Méridien de l'Isle-de-Fer.

60. » On se borne ordinairement à la Méthode précé- » dente dans les Traités de Navigation, pour réduire à » d'autres Méridiens les Tables dressées pour le Méridien » de l'Isle-de-Fer, ou de quelqu'autre endroit : cette Mé- » thode néanmoins n'est pas générale, & on s'exposeroit » quelquefois beaucoup en s'y conformant. Il faut néces- » sairement, lorsqu'on fréquente les parties de notre Glo- » be qui sont opposées au premier Méridien, faire atten- » tion à l'endroit dont on part, & au sens dans lequel s'est » fait la Navigation. Si après s'être rendu d'Europe aux Phi- » lippines, par la route ordinaire, c'est-à-dire, en doublant » le Cap de Bonne-Espérance, on entreprenoit un nou- » veau voyage, & qu'on allât chercher Acapulco ou quel- » qu'autre port de l'Amérique dans la Mer pacifique, on » ne se trouveroit plus vers la fin de sa navigation qu'à 80 » ou 100 degrez à l'Ouest du Méridien de l'Isle-de-Fer. » Mais néanmoins, comme toute la route se seroit faite » vers l'Est, il faudroit toujours se considerer comme à l'O- » rient de l'Isle-de-Fer : on seroit par 260 ou 280 degrez de » longitude, qui valent 17 heures 20 min. ou 18 heures » 40 min. & qui pourroient produire 17 ou 18 min. de dif- » férence dans la déclinaison, au lieu qu'on n'en trouve- » roit que 5 ou 6 par la prétendue régle générale. Outre » cela, on appliqueroit cette correction dans un sens con- » traire, ce qui produiroit une erreur de 24 min.

61. » Lorsqu'on seroit arrivé par 280 degrez de longi- » tude, & qu'on auroit actuellement Midi, il seroit 18 » heures 40 min. de moins à l'Isle-de-Fer, puisqu'en allant » vers l'Orient, on a eu Midi toujours plutôt. Ainsi lors-

» qu'on auroit effectivement Midi, il feroit 5 heures 20 » min. du foir à l'Isle-de-Fer, mais du jour qui précéde » celui qu'on compte dans le Vaisseau, & ce feroit donc » pour ce tems-là qu'il faudroit chercher la déclinaison du » Soleil dans la Table.

62. » Nous dirons bien plus. Si l'on abordoit des endroits » déserts de l'Amérique dans la Mer du Sud, & qu'on re- » vînt en doublant le Cap de Horne, ou en achevant le » tour de la Terre, il ne faudroit pas, lorsqu'on arriveroit » au premier Méridien, se considérer par *zéro* de longitu- » de, mais par 360 deg. & avoir égard à une différence de » Méridiens de 24 heures. Continuant à avancer vers l'Eu- » rope, on passeroit le premier Méridien, & lorsqu'on se- » roit parvenu à 15 degrez de longitude, la différence de » Méridiens ne feroit pas non plus simplement d'une heu- » re, mais de 25, qui feroient toujours censé avancées vers » l'Orient. Ainsi lorsqu'on voudroit avoir la déclinaison » du Soleil pour Midi, il faudroit prendre celle qui con- » vient dans les Tables à 25 heures auparavant. Nous » avons eu le soin de spécifier expressément qu'on n'avoit » abordé que des côtes désertes de l'Amérique : car si l'on » entroit dans des ports où il y eût des établissemens Es- » pagnols, on trouveroit qu'on y compte un autre quantié- » me. Il feroit naturel de se conformer à cette autre façon » de compter qui y a été introduite par des Navigateurs qui » sont allés en droiture à l'Amérique, en courant à l'Ouest. » Il faudroit par conséquent se considerer alors à l'Occi- » dent du premier Méridien, faire attention que lorsqu'on » a Midi, il est déja 5 ou 6 heures du même jour à l'Isle-de- » Fer, & chercher la déclinaison, pour cette heure-là » dans les Tables, lorsqu'on voudroit l'avoir pour le Midi » de l'endroit où l'on est. »

Moyen

Moyen de prolonger les Tables de déclinaiſons du Soleil, ou de les faire ſervir pour des Années poſtérieures.

63. Une Table de déclinaiſons du Soleil peut ſervir de quatre ans en quatre ans, à cauſe de l'égalité ſenſible qu'il y a entre la longueur de quatre de nos années, & quatre révolutions du Soleil autour de l'Ecliptique. Notre premiére Table eſt calculée pour 1756; elle peut ſervir de rechef pour 1760, 1764, 1768, &c. Cependant il faut y appliquer une petite correction pour les années poſtérieures, parce que le Soleil revient au même degré de l'Ecliptique un peu plutôt qu'à la fin de 4 ans. Il y revient 44 min. plutôt, comme nous l'avons vû ci-devant; * & il ſuit de-là qu'au bout de 4 de nos années, le Soleil doit avoir un peu plus de déclinaiſon qu'il n'en avoit, ſi la déclinaiſon va en augmentant, & qu'il doit en avoir au contraire un peu moins, ſi la déclinaiſon va en diminuant. Pour avoir la différence, il n'y a qu'à remarquer que 44 min. ſont environ la trente-troiſiéme partie d'un jour. On regardera donc combien il y a de changement en déclinaiſon d'un jour à l'autre, & on en prendra la trente-troiſiéme partie, qu'on ajoutera au nombre de la Table, ſi la déclinaiſon va en augmentant, & qu'on ſouſtraira au contraire, ſi la déclinaiſon diminue.

* Voy. N°. 50

64. Suppoſé que l'année propoſée, au lieu de n'être éloignée que de 4 ans de celle de la Table, en fût éloignée de 8 ou de 12, &c. il faudroit prendre deux ou trois trente-troiſiémes parties, &c. Cette regle peut ſervir juſqu'en 1800; le retranchement de la biſſextile obligeant alors de dreſſer de nouvelles Tables, ou de faire quelques changemens à celles que nous donnons.

65. *Premier exemple.* On demande la déclinaiſon du Soleil pour le 12 Avril 1765, en ſe ſervant de la Table

calculée pour 1757, premiére après la bissextile. L'intervalle est de 8 ans ou de deux fois quatre ans. C'est pourquoi je multiplie par deux la différence en déclinaison d'un jour à l'autre, qui est de 22 min. le produit est 44, qui étant divisé par 33, me donne une minute un tiers, qu'il faut ajouter à la déclinaison marquée dans la Table. Il faut ajoûter cette petite correction, parce que la déclinaison va alors en augmentant; & il vient un peu plus de 8 deg. 53 min.

66. *Second exemple.* On demande la déclinaison du Soleil pour le 16 Septembre 1798, qui est une seconde année après la bissextile. Je cherche dans la Table calculée pour 1758; il y a 40 ans d'intervalle, ou 10 fois 4 ans. Je multiplie donc par 10 la difference en déclinaison d'un jour à l'autre, qui est de 23 min. & divisant le produit par 33, il me vient presque 7 min. qui sont à soustraire, parce que la déclinaison va en diminuant, dans le tems dont il s'agit : ainsi j'ai 2 deg. 27 min. pour la déclinaison requise, qui sera septentrionale



67. *TABLE de l'Ascension droite du Soleil ou du lieu de cet aſtre réduit à l'Equateur, pour l'année biſſextile 1756 &c pour les années 1760, 1764, &c. au Méridien de l'Iſle de Fer.*

Jours.	Janvier.		Février.		Mars.		Avril.		Mai.		Juin.		Juillet.		Août.		Septemb.		Octobre.		Novemb.		Décemb.	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	281	37	314	42	342	54	11	15	39	3	69	45	100	49	131	59	160	59	188	1	217	10	248	13
2	282	43	315	43	343	50	12	9	40	1	70	47	101	51	132	57	161	53	188	56	218	9	249	18
3	283	49	316	44	344	46	13	4	40	58	71	48	102	53	133	55	162	48	189	50	219	8	250	24
4	284	55	317	44	345	41	13	58	41	56	72	50	103	55	134	53	163	42	190	45	220	8	251	29
5	286	1	318	45	346	37	14	53	42	53	73	52	104	57	135	51	164	36	191	40	221	7	252	34
6	287	7	319	45	347	33	15	48	43	51	74	54	105	58	136	48	165	30	192	34	222	7	253	40
7	288	13	320	45	348	28	16	42	44	49	75	55	107	0	137	46	166	24	193	29	223	8	254	46
8	289	18	321	45	349	23	17	37	45	47	76	57	108	1	138	43	167	18	194	25	224	8	255	52
9	290	24	322	44	350	18	18	32	46	46	77	59	109	3	139	40	168	12	195	20	225	9	256	58
10	291	29	323	44	351	13	19	27	47	44	79	1	110	4	140	37	169	6	196	15	226	9	258	4
11	292	35	324	43	352	8	20	22	48	43	80	4	111	5	141	34	170	0	197	10	227	10	259	10
12	293	40	325	42	353	3	21	17	49	42	81	6	112	6	142	31	170	54	198	6	228	11	260	16
13	294	44	326	41	353	58	22	12	50	40	82	8	113	7	143	27	171	48	199	2	229	13	261	23
14	295	49	327	39	354	53	23	8	51	39	83	10	114	8	144	24	172	42	199	57	230	15	262	29
15	296	54	328	38	355	48	24	3	52	39	84	13	115	9	145	20	173	36	200	53	231	16	263	35
16	297	58	329	36	356	43	24	58	53	38	85	15	116	9	146	16	174	30	201	49	232	18	264	42
17	299	2	330	34	357	37	25	54	54	38	86	17	117	10	147	12	175	24	202	46	233	21	265	49
18	300	6	331	32	358	31	26	50	55	37	87	20	118	10	148	8	176	18	203	42	234	23	266	55
19	301	10	332	30	359	26	27	45	56	37	88	22	119	10	149	4	177	12	204	39	235	26	268	2
20	302	14	333	27	0	21	28	41	57	37	89	24	120	10	149	59	178	6	205	35	236	29	269	8
21	303	17	334	25	1	15	29	37	58	37	90	27	121	10	150	55	179	0	206	32	237	32	270	15
22	304	20	335	22	2	10	30	33	59	37	91	29	122	10	151	50	179	53	207	29	238	35	271	22
23	305	23	336	19	3	4	31	29	60	37	92	32	123	9	152	45	180	47	208	27	239	39	272	29
24	306	26	337	16	3	59	32	26	61	38	93	34	124	9	153	41	181	41	209	24	240	42	273	35
25	307	29	338	12	4	53	33	22	62	38	94	36	125	8	154	36	182	36	210	21	241	46	274	42
26	308	31	339	9	5	48	34	19	63	39	95	38	126	7	155	31	183	30	211	19	242	50	275	49
27	309	34	340	6	6	42	35	15	64	40	96	41	127	6	156	26	184	24	212	17	243	55	276	55
28	310	36	341	2	7	37	36	12	65	41	97	43	128	5	157	20	185	18	213	15	244	59	278	2
29	311	38	341	58	8	31	37	9	66	42	98	45	129	4	158	15	186	12	214	14	246	3	279	8
30	312	39			9	25	38	6	67	43	99	47	130	3	159	10	187	7	215	12	247	8	280	15
31	313	41			10	20			68	44			131	1	160	4			216	11			281	21

Cette Table a été calculée pour 1756, & il faudra ajouter 2 minutes à ſes nombres, lorſqu'on voudra la faire ſervir pour 1760 : on ajoutera 3 minutes pour la faire ſervir pour 1764 ; 5 minutes & demie pour 1768 ; 7 minutes pour 1772 ; 9 minutes pour 1776 ; 11 minutes pour 1780, &c.

TABLE DE L'ASCENSION DROITE DU SOLEIL ou du lieu de cet aſtre réduit à l'Equateur, pour l'année 1757, premiére après la biſſextile, & pour les années 1761, 1765, &c. au Méridien de l'Iſle de Fer.

Jours.	Janvier.		Février.		Mars.		Avril.		Mai.		Juin.		Juillet.		Août.		Septemb.		Octobre.		Novemb.		Décemb.	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	282	27	315	28	342	41	11	2	38	49	69	31	100	34	131	45	160	46	187	48	216	56	247	57
2	283	33	316	29	343	37	11	56	39	47	70	32	101	36	132	43	161	40	188	43	217	55	249	2
3	284	39	317	30	344	33	12	51	40	44	71	33	102	38	133	41	162	35	189	37	218	54	250	8
4	285	45	318	30	345	28	13	45	41	42	72	35	103	40	134	39	163	29	190	32	219	54	251	13
5	286	51	319	31	346	24	14	40	42	39	73	37	104	42	135	37	164	23	191	27	220	53	252	18
6	287	56	320	30	347	20	15	35	43	37	74	39	105	43	136	34	165	17	192	21	221	53	253	24
7	289	2	321	30	348	15	16	29	44	35	75	40	106	45	137	32	166	11	193	16	222	54	254	30
8	290	7	322	30	349	10	17	24	45	33	76	42	107	46	138	29	167	5	194	12	223	54	255	36
9	291	13	323	29	350	5	18	19	46	32	77	44	108	48	139	26	167	59	195	7	224	55	256	42
10	292	18	324	29	351	0	19	14	47	30	78	46	109	49	140	24	168	53	196	2	225	55	257	48
11	293	24	325	28	351	55	20	9	48	29	79	49	110	50	141	21	169	47	196	57	226	56	258	54
12	294	29	326	27	352	50	21	4	49	28	80	51	111	51	142	18	170	41	197	53	227	56	260	0
13	295	33	327	26	353	45	21	59	50	26	81	53	112	52	143	14	171	35	198	49	228	58	261	7
14	296	38	328	24	354	40	22	55	51	25	82	55	113	53	144	11	172	29	199	44	230	0	262	13
15	297	43	329	22	355	35	23	50	52	25	83	58	114	54	145	7	173	23	200	40	231	1	263	19
16	298	46	330	20	356	30	24	45	53	24	85	0	115	54	146	3	174	17	201	35	232	3	264	26
17	299	50	331	18	357	24	25	41	54	23	86	2	116	55	146	59	175	11	202	32	233	6	265	33
18	300	54	332	16	358	18	26	37	55	22	87	5	117	55	147	55	176	5	203	28	234	8	266	39
19	301	58	333	14	359	13	27	32	56	22	88	7	118	56	148	51	176	59	204	25	235	11	267	46
20	303	2	334	11	0	8	28	28	57	22	89	9	119	56	149	46	177	53	205	21	236	14	268	52
21	304	5	335	9	1	2	29	24	58	22	90	12	120	56	150	42	178	47	206	18	237	17	269	59
22	305	8	336	6	1	57	30	20	59	22	91	14	121	55	151	37	179	40	207	15	238	20	271	6
23	306	11	337	2	2	51	31	16	60	23	92	17	122	55	152	32	180	34	208	13	239	24	272	13
24	307	14	337	59	3	46	32	13	61	24	93	19	123	54	153	28	181	28	209	10	240	27	273	19
25	308	17	338	55	4	40	33	9	62	24	94	21	124	53	154	23	182	23	210	7	241	31	274	26
26	309	19	339	52	5	35	34	5	63	25	95	23	125	52	155	18	183	17	211	5	242	35	275	33
27	310	21	340	49	6	29	35	1	64	26	96	26	126	51	156	13	184	11	212	3	243	40	276	39
28	311	23	341	45	7	24	35	58	65	27	97	28	127	50	157	7	185	5	213	1	244	43	277	46
29	312	25			8	18	36	55	66	28	98	30	128	49	158	2	185	59	214	0	245	47	278	52
30	313	26			9	12	37	52	67	29	99	32	129	48	158	57	186	54	214	58	246	52	279	59
31	314	28			10	7			68	30			130	46	159	51			215	57			281	5

Cette Table ſervira pour 1761, en ajoutant 2 minutes à ſes nombres. On ajoutera 3 minutes pour 1765; 5 minutes & demie pour 1769; 7 minutes pour 1773; 9 minutes pour 1777; 11 minutes pour 1781, &c.

Il faut au contraire ôter 2 minutes pour faire ſervir la Table pour 1753.

TABLE DE L'ASCENSION DROITE DU SOLEIL ou du lieu de cet astre réduit à l'Equateur, pour l'année 1758, seconde après la bissextile, & pour les années 1762, 1766, &c. au Méridien de l'Isle de Fer.

Jours.	Janvier.		Février.		Mars.		Avril.		Mai.		Juin.		Juillet.		Août.		Septemb.		Octobre.		Novemb.		Décemb.	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	282	11	315	13	342	27	10	49	38	35	69	16	100	19	131	31	160	33	187	35	216	42	247	41
2	283	17	316	14	343	24	11	43	39	33	70	17	101	21	132	29	161	27	188	30	217	41	248	46
3	284	23	317	15	344	20	12	38	40	30	71	18	102	23	133	27	162	22	189	24	218	40	249	52
4	285	29	318	15	345	15	13	32	41	28	72	20	103	25	134	25	163	16	190	19	219	40	250	57
5	286	35	319	16	346	11	14	27	42	25	73	22	104	27	135	23	164	10	191	14	220	39	252	2
6	287	40	320	16	347	7	15	22	43	23	74	24	105	28	136	20	165	4	192	8	221	39	253	8
7	288	46	321	16	348	2	16	16	44	21	75	25	106	30	137	18	165	58	193	3	222	40	254	14
8	289	51	322	16	348	57	17	11	45	19	76	27	107	31	138	15	166	52	193	59	223	40	255	20
9	290	57	323	15	349	52	18	6	46	18	77	29	108	33	139	12	167	46	194	54	224	41	256	26
10	292	2	324	15	350	47	19	1	47	16	78	31	109	34	140	10	168	40	195	49	225	41	257	32
11	293	8	325	14	351	42	19	56	48	15	79	34	110	35	141	7	169	34	196	44	226	41	258	38
12	294	13	326	13	352	37	20	51	49	14	80	36	111	36	142	5	170	28	197	40	227	42	259	44
13	295	17	327	12	353	32	21	46	50	12	81	38	112	37	143	1	171	22	198	36	228	43	260	51
14	296	22	328	10	354	27	22	42	51	11	82	40	113	38	143	58	172	16	199	31	229	45	261	57
15	297	27	329	8	355	22	23	37	52	10	83	43	114	39	144	54	173	10	200	27	230	46	263	3
16	298	31	330	6	356	17	24	32	53	10	84	45	115	39	145	50	174	4	201	22	231	48	264	10
17	299	35	331	4	357	11	25	28	54	9	85	47	116	40	146	46	174	58	202	18	232	51	265	17
18	300	39	332	2	358	5	26	24	55	8	86	50	117	40	147	42	175	52	203	14	233	53	266	23
19	301	43	333	0	359	0	27	19	56	8	87	52	118	41	148	38	176	46	204	11	234	56	267	30
20	302	47	333	57	359	55	28	15	57	8	88	54	119	42	149	33	177	40	205	7	235	59	268	36
21	303	50	334	55	0	49	29	11	58	8	89	57	120	42	150	29	178	34	206	4	237	2	269	43
22	304	53	335	52	1	44	30	7	59	8	90	59	121	41	151	24	179	27	207	1	238	5	270	50
23	305	56	336	48	2	38	31	3	60	8	92	2	122	40	152	19	180	21	207	59	239	9	271	57
24	306	59	337	45	3	33	32	0	61	9	93	4	123	39	153	15	181	15	208	56	240	12	273	3
25	308	2	338	41	4	27	32	56	62	9	94	6	124	38	154	10	182	10	209	53	241	16	274	10
26	309	4	339	38	5	22	33	52	63	10	95	8	125	37	155	5	183	4	210	51	242	20	275	17
27	310	6	340	35	6	16	34	48	64	11	96	11	126	36	156	0	183	58	211	49	243	24	276	23
28	311	8	341	31	7	11	35	44	65	12	97	13	127	35	156	54	184	52	212	47	244	28	277	30
29	312	10			8	5	36	41	66	13	98	15	128	34	157	49	185	46	213	46	245	32	278	36
30	313	11			8	59	37	38	67	14	99	17	129	33	158	44	186	41	214	44	246	36	279	43
31	314	13			9	54			68	15			130	32	159	38			215	43			280	49

Cette Table servira pour 1762 en ajoutant 2 minutes aux nombres qu'elle contient. On ajoutera 3 min. pour 1766 ; 5 min. & demie pour 1770 ; 7 min. pour 1774 ; 9 min. pour 1778 ; 11 min. pour 1782, &c.

Il faut au contraire retrancher 2 minutes des nombres de la Table pour la faire servir pour 1754.

TABLE DE L'ASCENSION DROITE DU SOLEIL ou du lieu de cet aſtre réduit à l'Equateur, pour l'année 1759, troiſiéme après la biſſextile, & pour les années 1763, 1767, &c. au Meridien de l'Iſle de Fer.

Jours.	Janvier.		Février.		Mars.		Avril.		Mai.		Juin.		Juillet.		Août.		Septemb.		Octobre.		Novemb.		Décemb.	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	281	55	314	58	342	14	10	36	38	21	69	1	100	4	131	16	160	20	187	22	216	28	247	25
2	283	1	315	59	343	11	11	30	39	19	70	2	101	6	132	15	161	14	188	17	217	27	248	30
3	284	7	317	0	344	7	12	25	40	16	71	3	102	8	133	13	162	9	189	11	218	26	249	36
4	285	13	318	0	345	2	13	19	41	14	72	5	103	10	134	11	163	3	190	6	219	26	250	41
5	286	19	319	1	345	58	14	14	42	11	73	7	104	12	135	9	163	57	191	1	220	25	251	46
6	287	24	320	1	346	54	15	9	43	9	74	9	105	13	136	6	164	51	191	55	221	25	252	52
7	288	30	321	2	347	49	16	3	44	7	75	10	106	15	137	4	165	45	192	50	222	25	253	58
8	289	35	322	2	348	44	16	58	45	5	76	12	107	16	138	1	166	39	193	46	223	26	255	4
9	290	41	323	1	349	39	17	53	46	4	77	14	108	18	138	58	167	33	194	41	224	26	256	10
10	291	46	324	1	350	34	18	48	47	2	78	16	109	19	139	56	168	27	195	36	225	26	257	16
11	292	52	325	0	351	29	19	43	48	1	79	19	110	20	140	53	169	21	196	31	226	26	258	22
12	293	57	325	59	352	24	20	38	49	0	80	21	111	21	141	51	170	15	197	27	227	27	259	28
13	295	1	326	58	353	19	21	33	49	58	81	23	112	22	142	47	171	9	198	23	228	28	260	35
14	296	6	327	56	354	14	22	29	50	57	82	25	113	23	143	44	172	3	199	18	229	30	261	41
15	297	11	328	54	355	9	23	24	51	56	83	28	114	24	144	41	172	57	200	13	230	31	262	47
16	298	16	329	52	356	4	24	19	52	56	84	30	115	24	145	37	173	51	201	8	231	33	263	54
17	299	20	330	50	356	58	25	15	53	55	85	32	116	25	146	33	174	45	202	4	232	36	265	1
18	300	24	331	48	357	52	26	11	54	55	86	35	117	25	147	29	175	39	203	0	233	38	266	7
19	301	28	332	46	358	47	27	6	55	55	87	37	118	26	148	25	176	33	203	57	234	41	267	14
20	302	32	333	43	359	42	28	2	56	55	88	39	119	27	149	20	177	27	204	53	235	44	268	20
21	303	35	334	41	0	36	28	58	57	54	89	42	120	27	150	16	178	21	205	50	236	47	269	27
22	304	38	335	38	1	31	29	54	58	54	90	45	121	26	151	11	179	14	206	47	237	50	270	34
23	305	41	336	34	2	25	30	50	59	54	91	47	122	25	152	6	180	8	207	45	238	54	271	41
24	306	44	337	31	3	20	31	46	60	54	92	49	123	24	153	2	181	2	208	42	239	57	272	47
25	307	47	338	27	4	14	32	42	61	55	93	51	124	23	153	57	181	57	209	39	241	1	273	54
26	308	49	339	24	5	9	33	38	62	55	94	53	125	22	154	52	182	51	210	37	242	5	275	1
27	309	51	340	21	6	3	34	34	63	56	95	56	126	21	155	47	183	45	211	35	243	9	276	7
28	310	53	341	17	6	58	35	30	64	57	96	58	127	20	156	41	184	39	212	33	244	13	277	14
29	311	55			7	52	36	27	65	58	98	0	128	19	157	36	185	33	213	32	245	17	278	20
30	312	56			8	46	37	24	66	59	99	2	129	18	158	31	186	28	214	30	246	21	279	27
31	313	58			9	41			68	0			130	17	159	25			215	29			280	33

Cette Table ſervira pour 1763 en augmentant de 2 minutes les nombres qu'elle contient. On ajoutera 3 minutes pour 1767; 5 minutes & demie pour 1771; 7 minutes pour 1775; 9 minutes pour 1779; 11 min. pour 1783, &c.

Il faut au contraire ôter 2 minutes pour faire ſervir la Table pour 1755.

68. TABLE
Pour convertir en Heures les Degrés de la révolution journaliére.

Degr. Min.	H. M. M. Sec.	Degr. Min.	H. M. M. Sec.
1	0. 4	31	2. 4
2	0. 8	32	2. 8
3	0. 12	33	2. 12
4	0. 16	34	2. 16
5	0. 20	35	2. 20
6	0. 24	36	2. 24
7	0. 28	37	2. 28
8	0. 32	38	2. 32
9	0. 36	39	2. 36
10	0. 40	40	2. 40
11	0. 44	41	2. 44
12	0. 48	42	2. 48
13	0. 52	43	2. 52
14	0. 56	44	2. 56
15	1. 0	45	3. 0
16	1. 4	46	3. 4
17	1. 8	47	3. 8
18	1. 12	48	3. 12
19	1. 16	49	3. 16
20	1. 20	50	3. 20
21	1. 24	51	3. 24
22	1. 28	52	3. 28
23	1. 32	53	3. 32
24	1. 36	54	3. 36
25	1. 40	55	3. 40
26	1. 44	56	3. 44
27	1. 48	57	3. 48
28	1. 52	58	3. 52
29	1. 56	59	3. 56
30	2. 0	60	4. 0

USAGE.

On veut ſavoir combien valent d'heures 50 $^{d.}$ 25 $^{min.}$? Vis-à-vis de 50 pris pour des degrés, on trouve 3 $^{h.}$ 20 $^{m.}$ & vis-à-vis de 25 pris pour des minutes, on a 1 $^{m.}$ 40 $^{ſec.}$ Les 50 $^{degr.}$ 25 $^{m.}$ valent donc 3 $^{h.}$ 21 $^{m.}$ 40 $^{ſec.}$ lorſqu'il s'agit de la révolution journaliére.

TABLE *pour convertir les Heures en Degrés.*

Min. Sec.	Deg. M. M. Sec.	Min. Sec.	Deg. Min. Min. Sec.	Heures.	Degrez
1	0. 15	31	7. 45	1	15
2	0. 30	32	8. 0	2	30
3	0. 45	33	8. 15	3	45
4	1. 0	34	8. 30	4	60
5	1. 15	35	8. 45	5	75
6	1. 30	36	9. 0	6	90
7	1. 45	37	9. 15	7	105
8	2. 0	38	9. 30	8	120
9	2. 15	39	9. 45	9	135
10	2. 30	40	10. 0	10	150
11	2. 45	41	10. 15	11	165
12	3. 0	42	10. 30	12	180
13	3. 15	43	10. 45	13	195
14	3. 30	44	11. 0	14	210
15	3. 45	45	11. 15	15	225
16	4. 0	46	11. 30	16	240
17	4. 15	47	11. 45	17	255
18	4. 30	48	12. 0	18	270
19	4. 45	49	12. 15	19	285
20	5. 0	50	12. 30	20	300
21	5. 15	51	12. 45	21	315
22	5. 30	52	13. 0	22	330
23	5. 45	53	13. 15	23	245
24	6. 0	54	13. 30	24	360
25	6. 15	55	13. 45	25	375
26	6. 30	56	14. 0	26	390
27	6. 45	57	14. 15	27	405
28	7. 0	58	14. 30	28	420
29	7. 15	59	14. 45	29	435
30	7. 30	60	15. 0	30	450

USAGE.

On veut ſavoir combien 19 *heures* 41 *minutes valent de degrés dans la révolution journaliére ?* Vis-à-vis de 19 heures on trouve 285 degrés ; & vis-à-vis de 41 minutes, on a 10 degrés 15 minutes. Les 19 heures 41 minutes valent donc 295 degrés 15 minutes.

69. *TABLE* DE LA *DÉCLINAISON* DU *SOLEIL* *pour l'année bissextile 1756, & pour 1760, 1764, &c. au Méridien de l'Isle de Fer. 1788.*

Jours.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem.	Octobre.	Novemb.	Décemb.
	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
	Sud.	Sud.	Sud.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Sud.	Sud.	Sud.
1	23 2½	17 9	7 16½	4 50½	15 18	22 10	23 6	17 53½	8 3½	3 28	14 42	21 57½
2	22 57½	16 52	6 53½	5 13½	15 36	22 17½	23 1½	17 38	7 41½	3 51½	15 1	22 6½
3	22 52	16 35½	6 30½	5 36	15 53½	22 25	22 56½	17 22	7 19½	4 14½	15 19½	22 15
4	22 45½	16 16½	6 7½	5 59	16 11	22 32	22 51½	17 6	6 57	4 38	15 38	22 23
5	22 39	15 58½	5 44½	6 22	16 28	22 38½	22 45½	16 49½	6 34½	5 [illegible]	15 56½	22 30
6	22 32½	15 40½	5 21	6 44½	16 44½	22 44½	22 39½	16 33	6 12	5 24	16 14½	22 37½
7	22 25	15 21½	4 58	7 7	17 1	22 50½	22 33	16 16½	5 49½	5 47	16 32	22 44
8	22 17	15 3	4 34½	7 29½	17 17½	22 56	22 26	15 58½	5 27	6 10	16 49½	22 50
9	22 9	15 44	4 11	7 51½	17 33½	23 0½	22 19	15 42	5 4½	6 33	17 6½	22 56
10	22 0	14 24½	3 47½	8 13½	17 49	23 5½	22 11½	15 24	4 41½	6 55½	17 23½	23 1
11	21 51	14 5	3 24	8 35½	18 4½	23 9½	22 3½	15 6½	4 18½	7 18½	17 40	23 6
12	21 41½	13 45	3 0	8 57½	18 19½	23 13	21 55	14 48	3 55½	7 41	17 56	23 10
13	21 31½	13 25	2 36½	9 19	18 [illegible]	23 16½	21 46	14 30	3 32½	8 3½	18 12	23 14
14	21 21	13 4½	2 13	9 40½	18 48½	23 19½	21 37	14 11½	3 9½	8 26	18 27½	23 17½
15	21 10	12 44½	1 49½	10 2	19 2½	23 22	21 27½	13 52½	2 46½	8 48	18 43	23 20½
16	20 59	12 23½	1 25½	10 23½	19 16½	23 24	21 17½	13 33½	2 23	9 10	18 58	23 23
17	20 47½	12 3	1 2	10 44½	19 30	23 25½	21 7½	13 14	2 0	9 32½	19 12½	23 25
18	20 35½	11 41½	0 38½	11 5	19 43	23 27	20 57	12 54½	1 36½	9 54	19 26½	23 26½
19	20 23	11 20½	0 14½	11 26	19 55½	23 28	20 46	12 35	1 13	10 16	19 40½	23 27½
20	20 10	11 59	0 Nord. 9	11 46½	20 8	23 28½	20 34½	12 15	0 49½	10 37½	19 54	23 28
21	19 57	10 37½	0 33	12 7	20 20½	23 28½	20 23	11 55	0 26½	10 59	20 7	23 28½
22	19 43½	10 15½	0 56½	12 27	20 32	23 28	20 11	11 35	0 3	11 20	20 20	23 28
23	19 29½	9 53½	1 20	12 46½	20 43½	23 27	19 58½	11 14½	0 Sud. 20½	11 41	20 32½	23 27
24	19 15½	9 31½	1 43½	13 6½	20 54½	23 26	19 46	10 54	0 44	12 2	20 44½	23 26
25	19 1	9 9½	2 7	13 26	21 5½	23 24½	19 33	10 33	1 7½	12 22½	20 56	23 24
26	18 46	8 47	2 30½	13 45	21 15½	23 22½	19 19½	10 12	1 31	12 43	21 7½	23 22
27	18 30½	8 24½	2 54	14 4	21 25½	23 20	19 6	9 51	1 54½	13 3½	21 18½	23 19
28	18 15	8 2	3 17½	14 23	21 35½	23 17	18 52	9 30	2 18	13 23½	21 29	23 16
29	17 5	7 39½	3 41	14 41½	21 44½	23 13½	18 38	9 8½	2 41	13 43½	21 39	23 12½
30	17 42½		4 4	15 0	21 53½	23 10	18 23½	8 47	3 4½	14 3	21 48½	23 8
31	17 26		4 27		22 2		18 8½	8 25		14 22½		23 3½

TABLE

TABLE DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL *pour l'année 1757, premiére après la bissextile, &c pour 1761, 1765, &c. au Méridien de l'Isle de Fer.*

1789

Jours.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem.	Octobre.	Novemb.	Décemb.
	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
	Sud.	Sud.	Sud.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Sud.	Sud.	Sud.
1	22 58½	16 56	7 22	4 44½	15 13½	22 8	23 7	17 57	8 8½	3 22½	14 37	21 55½
2	22 53	16 39	6 59	5 8	15 31½	22 16	23 2½	17 41½	7 46½	3 45½	14 56½	22 4½
3	22 47½	16 21	6 36½	5 30½	15 49½	22 23½	22 58	17 26	7 24½	4 9	15 15	22 13
4	22 41	16 3	6 13	5 53½	16 6½	22 30½	22 52½	17 10	7 2½	4 32	15 33½	22 21
5	22 34	15 45	5 50	6 16½	16 24	22 37	22 47	16 53½	6 40	4 55½	15 52	22 28½
6	22 26½	15 26½	5 27	6 39	16 40½	22 43½	22 41	16 37	6 17½	5 18½	16 10	22 35½
7	22 19	15 7½	5 3½	7 1½	16 57	22 49	22 35	16 20½	5 55	5 41½	16 27½	22 42½
8	22 11	14 48½	4 40	7 24	17 13½	22 54½	22 28	16 3½	5 32½	6 4½	16 45	22 48½
9	22 2½	14 29	4 16½	7 46	17 29½	22 59½	22 21	15 46	5 10	6 27½	17 2½	22 54½
10	21 53	14 9½	3 53	8 8½	17 45	23 4	22 13½	15 28½	4 47	6 50	17 19½	23 0
11	21 43½	13 50	3 29½	8 30½	18 0½	23 8½	22 5½	15 11	4 24	7 13	17 36	23 5
12	21 34	13 30	3 6	8 52	18 15½	23 12½	21 57	14 52½	4 1	7 35½	17 52	23 9
13	21 23½	13 9½	2 42½	9 14	18 30½	23 15½	21 48½	14 34½	3 38	7 58	18 8	23 13
14	21 13	12 49½	2 19	9 35½	18 45	23 19	21 39½	14 16	3 15	8 20½	18 24	23 16½
15	21 2	12 28½	1 55	9 57	18 59	23 21½	21 30	13 57	2 52	8 42½	18 39	23 20
16	20 50	12 8	1 31½	10 18	19 13	23 23½	21 20	13 38	2 28½	9 5	18 54	23 22½
17	20 38½	11 47	1 7½	10 39½	19 26½	23 25½	21 10	13 19	2 5½	9 27	19 9	23 24½
18	20 26	11 25½	0 44	11 0	19 40	23 26½	20 59½	12 59½	1 42	9 49	19 23	23 26
19	20 13½	11 4	0 20½	11 21	19 52½	23 27½	20 48½	12 40	1 18½	10 10½	19 37	23 27½
20	20 0½	10 43	0 Nord. 3½	11 41½	20 5½	23 28	20 37½	12 20	0 55½	10 32	19 51	23 28
21	19 47	10 21	0 27	12 2	20 17½	23 28½	20 26	12 0	0 32	10 53½	20 4	23 28½
22	19 33	9 59	0 50½	12 22	20 29½	23 28	20 14	11 40	0 8½	11 15	20 17	23 28
23	19 19	9 37	1 14½	12 42	20 41	23 27½	20 1½	11 19½	0 Sud. 15	11 36	20 29½	23 27½
24	19 4½	9 15	1 38	13 1½	20 52	23 26	19 49	10 59	0 38½	11 57	20 41½	23 26
25	18 49½	8 52½	2 1½	13 21½	21 3	23 24½	19 36	10 38	1 2	12 17½	20 53½	23 24½
26	18 34½	8 30	2 25	13 40½	21 13	23 23	19 23	10 17½	1 25½	12 38	21 4½	23 22½
27	18 18½	8 7½	2 48½	13 59½	21 23½	23 20½	19 9½	9 56	1 48½	12 58½	21 15½	23 20
28	18 3	7 45	3 12	14 18½	21 33	23 17½	18 55½	9 35	2 12	13 18½	21 26	23 17
29	17 46½		3 35	14 37	21 42½	23 14½	18 41½	9 13½	2 35½	13 38½	21 36½	23 13½
30	17 30		3 58½	14 55½	21 51½	23 11	18 27	8 52	2 59	13 58½	21 46	23 9½
31	17 13½		4 21½		22 0		18 12	8 30½		14 18		23 5

Cette Table peut servir sans erreur sensible pour 1753.

TABLE DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL pour l'année 1758, seconde après la bissextile, & pour 1762, 1766, &c. au Méridien de l'Isle de Fer.

1790.

Jours.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem.	Octobre.	Novemb.	Décemb.
	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
	Sud.	Sud.	Sud	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Sud.	Sud.	Sud.
1	23 0	17 0½	7 27	4 39	15 9½	22 6	23 8	18 0½	8 14	3 16½	14 32½	21 53
2	22 54½	16 43	7 5	5 2	15 27½	22 14	23 3½	17 45½	7 52	3 40	14 51½	22 2
3	22 49	16 25½	6 42	5 25	15 45	22 21½	22 59	17 29½	7 30	4 3½	15 10½	22 11
4	22 42½	16 7½	6 19	5 48	16 2½	22 28½	22 54	17 14	7 7½	4 26½	15 29	22 19
5	22 35½	15 49½	5 55½	6 11	16 19½	22 35½	22 48½	16 57½	6 45½	4 49½	15 47½	22 26½
6	22 28½	15 31	5 32½	6 33½	16 36½	22 41½	22 42½	16 41	6 23	5 13	16 5½	22 34
7	22 21	15 12	5 9	6 56	16 53	22 47½	22 36½	16 24½	6 0½	5 36	16 23½	22 41
8	22 13	14 53	4 45½	7 18½	17 9½	22 53	22 29½	16 7½	5 38	5 59	16 41	22 47
9	22 4½	14 34	4 22½	7 40½	17 25½	22 58½	22 22½	15 50	5 15	6 22	16 58	22 53
10	21 55½	14 14½	3 59	8 3	17 41½	23 3	22 15	15 32½	4 52	6 44½	17 15	22 58½
11	21 46	13 54½	3 35½	8 25	17 57	23 7½	22 7½	15 15	4 29	7 7½	17 32	23 3½
12	21 36½	13 35	3 11½	8 47	18 12	23 11½	21 59	14 57	4 6½	7 30	17 48½	23 8
13	21 26	13 14½	2 48	9 8½	18 27	23 15	21 50½	14 38½	3 43½	7 52½	18 4½	23 12
14	21 15½	12 54½	2 24	9 30½	18 41½	23 18	21 41½	14 20½	3 20½	8 15	18 20	23 16
15	21 4½	12 33½	2 1	9 51½	18 56	23 21	21 32	14 1½	2 57½	8 37½	18 35½	23 19
16	20 53	12 13	1 37	10 13	19 9½	23 23	21 22½	13 42½	2 34	8 59½	18 50½	23 21½
17	20 41½	11 52	1 13½	10 34	19 23½	23 25	21 12½	13 23½	2 11	9 21½	19 5½	23 24
18	20 29	11 30½	0 50	10 55	19 36½	23 26½	21 2	13 4	1 47½	9 43½	19 20	23 26
19	20 16½	11 9½	0 26	11 16	19 49½	23 27½	20 51	12 44½	1 24½	10 5½	19 34	23 27
20	20 3½	10 48	0 2½	11 36½	20 2	23 28	20 40	12 25	1 1	10 27	19 47½	23 28
21	19 50	10 26	0 21½	11 57	20 14½	23 28½	20 28½	12 5	0 37½	10 48	20 1	23 28½
22	19 36½	10 4½	0 Nord. 45	12 17	20 26½	23 28	20 17	11 45	0 14	11 9½	20 13½	23 28
23	19 22½	9 42½	1 8½	12 37	20 38	23 27½	20 4½	11 24½	0 Sud. 9	11 31	20 26½	23 27½
24	19 8	9 20	1 32	12 57	20 49½	23 26½	19 52	11 4	0 32½	11 52	20 38½	23 26½
25	18 53	8 58	1 55½	13 16½	21 0	23 25	19 39½	10 43	0 56	12 12½	20 50½	23 25
26	18 38	8 35½	2 19½	13 36	21 10½	23 23½	19 26	10 22½	1 19½	12 33½	21 2	23 23
27	18 22½	8 13	2 42½	13 55	21 21	23 21	19 12½	10 1½	1 43	12 53½	21 13	23 20½
28	18 6½	7 50½	3 6	14 14	21 31	23 18½	18 59	9 40	2 6½	13 14	21 23½	23 17½
29	17 50½		3 29½	14 32½	21 40	23 15½	18 45	9 19	2 30	13 34	21 34	23 14
30	17 34		3 53	14 51	21 49	23 12	18 30½	8 57½	2 53½	13 53½	21 44	23 10½
31	17 17½		4 16		21 58		18 15½	8 35½		14 13		23 6

Cette Table peut servir sans erreur sensible pour 1754.

TABLE DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL pour l'année 1759, troisiéme après la bissextile, & pour 1763, 1767, 1771, &c. au Méridien de l'Isle de Fer.

1791

Jours.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septemb.	Octobre.	Novemb.	Décemb.
	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
	Sud.	Sud.	Sud.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Sud.	Sud.	Sud.
1	23 1	17 4½	7 33	4 33½	15 5	22 4	23 9	18 4½	8 19	3 11	14 28	21 51
2	22 56	16 47	7 10½	4 56½	15 23	22 12	23 4½	17 49	7 57½	3 34½	14 47	22 0
3	22 50	16 29½	6 47½	5 19½	15 40½	22 19½	23 0	17 33½	7 35½	3 57½	15 6	22 8½
4	22 44	16 11½	6 24½	5 42½	15 58	22 27	22 55	17 17½	7 13	4 21	15 24½	22 17
5	22 37½	15 53½	6 1	6 5	16 15½	22 34	22 50	17 1½	6 51	4 44	15 43	22 25
6	22 30½	15 35½	5 38	6 28	16 32½	22 40	22 44	16 45	6 28½	5 7	16 1	22 32
7	22 23	15 16½	5 14½	6 50½	16 49	22 46	22 38	16 28½	6 6	5 30½	16 19	22 39
8	22 15	14 57½	4 51½	7 13	17 5½	22 52	22 31	16 11½	5 43½	5 53½	16 36½	22 45½
9	22 6½	14 38½	4 28	7 35½	17 21½	22 57	22 24½	15 54½	5 21	6 16½	16 54	22 51½
10	21 57½	14 19	4 4½	7 57½	17 37½	23 2	22 17	15 37	4 58	6 39	17 11	22 57
11	21 48½	13 59½	3 41	8 19½	17 53	23 6½	22 9	15 19½	4 35½	7 2	17 28	23 2½
12	21 38½	13 39½	3 17½	8 41½	18 8½	23 10½	22 1	15 1½	4 12½	7 24½	17 44½	23 7
13	21 28½	13 19½	2 54	9 3½	18 23½	23 14	21 52½	14 43	3 49½	7 47	18 0½	23 11½
14	21 18	12 59	2 30	9 25	18 38	23 17½	21 43½	14 25	3 26½	8 9	18 18½	23 15
15	21 7	12 38½	2 6½	9 46½	18 52½	23 20	21 34½	14 6	3 3	8 31½	18 32	23 18½
16	20 56	12 18	1 43	10 8	19 6½	23 22½	21 25	13 47½	2 40	8 54	18 47	23 21
17	20 44	11 57	1 19	10 29	19 20	23 24½	21 15	13 28	2 16½	9 16	19 2	23 22½
18	20 32	11 36	0 55½	10 50	19 33½	23 26	21 4½	13 9	1 53½	9 38	19 16½	23 25½
19	20 19½	11 14½	0 32	11 11	19 46½	23 27	20 54	12 49½	1 30	10 0	19 30½	23 26½
20	20 6½	10 53	0 8	11 31½	19 59	23 28	20 43	12 29½	1 6½	10 21½	19 44	23 27½
21	19 53½	10 31½	0 Nord. 15½	11 52	20 11½	23 28½	20 31½	12 10	0 43½	10 43	19 57½	23 28½
22	19 40	10 9½	0 39	12 12	20 23½	23 28	20 19½	11 49½	0 20	11 4½	20 10½	23 28
23	19 26	9 47½	1 3	12 32½	20 35	23 27½	20 7½	11 29½	0 Sud. 3½	11 25½	20 23½	23 27½
24	19 11½	9 25½	1 26½	12 52	20 46½	23 27	19 55	11 9	0 27	11 47	20 36	23 27
25	18 57	9 3½	1 50	13 11½	20 57½	23 25½	19 42	10 48½	0 50½	12 7½	20 47½	23 25½
26	18 41½	8 41	2 13½	13 31	21 8	23 23½	19 29½	10 27½	1 14	12 28	20 59½	23 23½
27	18 26½	8 18½	2 37	13 50½	21 18½	23 21½	19 16	10 6½	1 37½	12 48½	21 10½	23 21
28	18 10½	7 56	3 0½	14 9½	21 28½	23 19	19 2½	9 45½	2 1	13 9	21 21	23 18½
29	17 54½		3 24	14 28	21 38	23 17	18 48	9 24	2 24	13 29	21 31½	23 15
30	17 38		3 47	14 46½	21 47	23 12½	18 34	9 2½	2 47½	13 49	21 41½	23 11
31	17 21½		4 10½		21 55½		18 19	8 41		14 8½		23 7

Cette Table peut servir sans erreur sensible pour 1755.

CHAPITRE IV.

Du Mouvement particulier de la Lune, & de la maniére de calculer les quantités dont cette Planéte s'éloigne du Soleil.

I.

70. LA Lune a un mouvement particulier par rapport au Ciel, comme les autres Planétes; ce mouvement eſt même très-rapide. Pendant que les Cieux paroiſſent entraîner la Lune d'Orient en Occident, & lui faire faire une révolution, cette Planéte avance en ſens contraire vers l'Orient d'environ 13 degrez par jour. La rapidité de ce mouvement eſt cauſe qu'il ſuffit de le conſidérer pendant quelques inſtans pour qu'on s'en apperçoive. Si la Lune eſt auprès d'une certaine Etoile, cette Planéte, une heure après, reſtera en arriére, ou vers l'Eſt, d'environ rout ſon diamétre ou ſa largeur par rapport à l'Etoile; au bout d'une autre heure elle ſera éloignée de l'Etoile d'environ deux fois ſon diamétre, & le lendemain on la verra à une diſtance beaucoup plus grande vers l'Eſt qui ſera d'environ 13 degrez, ou de 26 fois ſon diamétre.

71. La Lune, en continuant de jour en jour à s'éloigner de l'Etoile vers l'Eſt, s'en rapproche par le côté de l'Oueſt, & vient la rejoindre à la fin, après avoir fait le tour du Ciel. Il lui faut pour cela environ 27 jours & demi; c'eſt ce qu'on nomme ſon *mois périodique*. Elle a fait alors une révolution entiére d'Occident en Orient, puiſqu'elle eſt revenue exactement au même point du Ciel. Mais il faut environ deux jours de plus à la Lune pour atteindre le Soleil qu'elle ne trouve plus dans la

même place, & par rapport auquel elle ne fait qu'environ 12 degrez par jour vers l'Orient. On nomme *Lunaiſon* ou *Mois ſynodique*, le tems que la Lune met entre chaque retour au Soleil; ce mois eſt d'environ 29 jours & demi.

72. La Lune, par ſon mouvement particulier, ne ſuit pas précisément l'Ecliptique; c'eſt-à-dire, qu'en parcourant le Ciel d'Occident en Orient par ſon mouvement propre, elle ne paſſe pas préciſément auprès des mêmes Etoiles que le Soleil. Elle eſt extrêmement voiſine de nous, en comparaiſon de tous les autres Aſtres: elle nous cache les Etoiles, lorſqu'elle paſſe au-devant, & elle nous cache aſſez ſouvent les autres Planétes.

Des différentes Phaſes de la Lune.

73. Cette Planéte n'a point de lumiére propre, elle emprunte du Soleil toute celle qu'elle nous paroît avoir. Nous la voyons quelquefois comme diviſée en deux parties, dont l'une eſt tout-à-fait lumineuſe, & l'autre obſcure. La partie lumineuſe eſt éclairée par le Soleil, elle nous renvoie la lumiére qu'elle reçoit, au lieu que l'autre partie eſt dans l'ombre; c'eſt la partie de la Lune qui eſt actuellement plongée dans la nuit, mais dont l'obſcurité n'eſt pas parfaite. Lorſque nous préſentons une boule à la lumiére d'un flambeau, il y a toujours à peu près la moitié de la boule qui eſt éclairée par le flambeau: il arrive à peu près la même choſe à la Lune; nous ne voyons pas toujours cette Planéte parfaitement ronde, parce qu'elle ne nous préſente pas continuellement toute ſa partie éclairée. On donne le nom de *Phaſes* à ces différentes apparences que prend la Lune, ſelon qu'elle eſt ſituée à l'égard du Soleil, & par rapport à nous.

74. Si la Lune ſe trouve en N (*Fig.* 54.) ſur la ligne droite qui joint le Soleil S & la Terre T, elle ne nous préſentera que ſa partie obſcure, & nous ne la verrons point.

Figure 54. On dit alors qu'elle eſt *nouvelle*, ou qu'elle eſt *en conjonction*; & c'eſt de cet inſtant que commence l'*âge de la Lune*. Cette Planéte nous cache le Soleil, ſi elle ſe trouve ſur l'Ecliptique, en même tems qu'elle eſt nouvelle; quelquefois elle ſe trouve exactement vis-à-vis du Soleil, & ſi quelqu'autre circonſtance y contribue, l'éclipſe eſt totale, nous perdons le Soleil entiérement de vûe. C'eſt ce qui ne peut arriver, comme il eſt évident, que dans le ſeul tems des conjonctions ou nouvelles Lunes.

75. Sept jours & demi après la conjonction, la Lune ſe trouve éloignée du Soleil de 90 degrez vers l'Orient; elle eſt alors comme en *P*, elle ne préſente vers nous que la moitié de ſa partie éclairée, l'autre moitié étant tournée en dehors par rapport à nous. C'eſt ce qu'on nomme le premier Quartier. La Lune a alors ſept jours & demi d'âge; au lieu de paſſer par le Méridien, en même tems que le Soleil, elle y paſſe ſix heures après, c'eſt-à-dire, qu'elle y paſſe à ſix heures du ſoir.

76. Quatorze jours & demi ou quinze jours après la nouvelle Lune ou conjonction, cette Planéte ſe trouve en *L*, préciſément à l'oppoſite du Soleil. Alors nous devons la voir parfaitement ronde, parce que toute ſa partie éclairée ſe trouve tournée vers nous. On dit alors que la Lune eſt *pleine*, ou qu'elle eſt en *oppoſition*. Elle nous éclaire dans ce tems-là pendant toute la nuit, & elle paſſe par le Méridien au-deſſus de l'Horiſon, dans le même inſtant que le Soleil y paſſe au-deſſous de la Terre.

77. Lorſqu'on conſidere la Lune pendant la nuit, on a de la peine à concevoir qu'elle puiſſe recevoir ſa lumiere du Soleil, qui eſt au-deſſous de l'Horiſon. Cette difficulté vient de ce que nous nous imaginons que la Terre eſt très-groſſe, & que nous ſuppoſons que la Lune n'eſt tout au plus qu'à quelques lieues de diſtance : mais cette Planéte eſt éloignée de nous d'environ trente fois le diametre ou l'épaiſſeur de notre globe; ainſi le Soleil qui eſt très-gros & fort loin doit l'éclairer continuellement, ſes rayons paſ-

ſant à côté de la Terre ; excepté lorſque la Lune ſe trouve exactement en oppoſition ſur l'Ecliptique, ou à peu de diſtance de ce cercle. Dans ce cas, la Terre intercepte ou dérobe la lumiere du Soleil ; & la Lune qui ſe trouve à l'oppoſite & dans l'ombre, ſouffre néceſſairement une éclipſe ; elle ceſſe de nous renvoyer de la lumiere, parce qu'elle ceſſe d'en recevoir. Il eſt évident que ce phénomène ne peut arriver que dans les ſeules pleines Lunes ou oppoſitions : car il faut que la Terre ſoit exactement entre deux, pour qu'elle puiſſe empêcher la lumiere du Soleil de tomber ſur la Lune. Figure 54.

78. Enfin, lorſque la Lune a environ 22 jours & demi d'âge, & qu'elle ſe trouve au point *D*, n'étant éloignée du Soleil que de 90 degrez du côté de l'Occident, on ne voit plus que la moitié de ſa partie éclairée, & elle eſt alors dans ſon *dernier Quartier*. Elle continue de s'approcher du Soleil, & lorſqu'elle y eſt parvenue, on ceſſe derechef de la voir, on a une ſeconde fois nouvelle Lune ou conjonction ; ce qui arrive 29 jours & demi après la nouvelle Lune précédente, comme nous l'avons deja dit.

79. « On nomme Syzygies les nouvelles & pleines Lunes. La ligne des Syzygies eſt la ligne droite qui paſſe par le « Soleil, par la Terre & par la Lune, ſoit que cette derniere « Planéte ſe trouve de même côté que le Soleil, ou qu'elle « ſe trouve du côté oppoſé. Les éclipſes, comme nous ve- « nons de le voir, ne peuvent arriver que dans les Syzygies. « Les éclipſes du Soleil dans les nouvelles Lunes ou con- « jonctions, & les éclipſes de Lune dans les oppoſitions. « Quoique nous ceſſions de voir la Lune dans les conjonc- « tions, nous ne regardons pas cette diſparition comme une « éclipſe, parce qu'elle ne ſe fait pas tout-à-coup, & que « nous ſçavons bien outre cela que la Lune n'eſt pas alors « privée de ſa lumiere. Les éclipſes ne peuvent durer tout « au plus que deux ou trois heures, à cauſe du mouve- « ment particulier de la Lune, qui fait qu'elle s'écarte « aſſez promptement de la ligne des Syzygies. «

I I.

Des quatre petites Lunes qui tournent autour de Jupiter, & des Eclipſes auſquelles elles ſont ſujettes.

80. » La Terre n'a qu'une Lune qui tourne autour » d'elle, au lieu que Jupiter, beaucoup plus gros & beau- » coup plus éloigné du Soleil, a quatre petites Lunes » qui l'accompagnent toujours, & qui tournent autour » de lui. Ces quatre petites Lunes, qu'on nomme les » Satellites de Jupiter, ſont à aſſez peu de diſtance de » la Planéte principale, pour qu'on les embraſſe dans le » champ de la même Lunette, lorſqu'on obſerve Jupiter. » Elles font leurs révolutions en différens tems, & celle » qui eſt la plus intérieure, ou qui décrit le circuit le » moins étendu, n'employe qu'un jour 18 heures 29 min. » à le parcourir. Ainſi elle doit être ſujette à des éclipſes » fréquentes; elle doit en ſouffrir environ toutes les $42\frac{1}{2}$ » heures, en ſe trouvant à l'oppoſite de Jupiter, par » rapport au Soleil. Toutes les fois qu'elle entre dans » l'ombre de Jupiter, les Obſervateurs qui ſe ſervent » d'aſſez longues Lunettes pour ſe rendre témoins de ce » ſpectacle, ceſſent de voir la petite Lune, & on la voit » derechef lorſqu'elle ſort de l'ombre, pourvû qu'on n'en » ſoit pas empêché par le corps même de Jupiter, qui peut » ſe trouver au-devant par rapport à nous. On nomme » *immerſion* l'entrée du Satellite dans l'ombre, & *émerſion* » la ſortie.

81. » Ces phénomènes ſont annoncés dans le Livre de » la Connoiſſance des Tems pour le Méridien de Paris. » C'eſt-à-dire, que l'heure de l'immerſion ou de l'émer- » ſion eſt marquée pour le Méridien de cette Ville; » mais l'heure de l'obſervation doit être enſuite différente » pour chaque Obſervateur, ſelon qu'il eſt ſitué plus vers

l'Orient

» l'Orient ou vers l'Occident. Les éclipses du premier » Satellite sont calculées avec plus d'exactitude que cel- » les des autres, parce qu'on connoît mieux ses mouve- » mens. Il suffit pour le bien observer de se servir d'une » Lunette de 10 ou 12 pieds ; il n'y a qu'à la pointer sur » Jupiter même. Le Livre que nous venons de citer » donne pour une certaine heure de chaque nuit la situa- » tion des quatre Satellites, par rapport à la Planéte prin- » cipale ; & on peut, en comparant ces situations pour » deux jours consécutifs, distinguer à toute heure un Sa- » tellite des autres : il faut toujours pour cela réduire l'heu- » re de l'observation au Méridien de Paris. »

III.

Du Calcul des nouvelles & pleines Lunes, & premiérement du Nombre d'or.

82. Les nouvelles & pleines Lunes ne doivent pas tomber chaque mois les mêmes quantiémes, & elles doivent anticiper, puisque les Lunaisons ne sont pas de même longueur que nos mois, & qu'elles sont plus courtes. Douze Lunaisons, au lieu de faire exactement une de nos années, ne font qu'un peu plus de 354 jours 12 heures. Ainsi supposé que la Lune soit nouvelle aujourd'hui, il ne sera pas nouvelle Lune le même quantiéme dans un an, mais environ 11 jours plutôt. En 3 ans il y a 37 Lunaisons ou mois lunaires, & environ 3 jours de plus : mais au bout de 19 ans, les nouvelles & pleines Lunes arrivent les mêmes quantiémes & presque à la même heure, parce que 19 ans ou 228 de nos mois, répondent à un nombre exact de Lunaisons, sçavoir à 235. C'est ce que les anciens Astronomes remarquerent, & ce qui donna lieu d'imaginer le *Nombre d'or*, qui est une révolution de 19 années, après laquelle les Lunaisons reviennent assez exactement dans le même ordre.

83. Pour trouver le Nombre d'or qui appartient à une année, on ajoûte un à l'année propofée, & on divife la fomme par 19. Le refte de la divifion eft le Nombre d'or, & on néglige le quotient.

Si l'on propofe, par exemple, l'année 1760, il faudra divifer 1761 par 19, & comme il reftera 13 à la divifion, on aura 13 pour le Nombre d'or. On ajoûte 1 avant que de faire la divifion, parce qu'il y avoit 1 de Nombre d'or à la Naiffance de JESUS-CHRIST.

De l'Epacte.

84. Comme les Lunaifons ne reviennent pas précifément à la même heure au bout de 19 ans, & que la différence, en fe multipliant, devient confidérable, qu'elle va même à un jour au bout de 304 ans, on a inventé depuis d'autres nombres qu'on nomme *Epactes*, qu'on fait répondre au Nombre d'or, mais dont on change le rapport quand il le faut. Ces Epactes expriment pour chaque année l'âge qu'avoit la Lune à la fin de l'année précédente. A la fin de 1759 la Lune fera, par exemple, âgée de 12 jours, c'eft-à-dire, qu'à la fin de 1759 il y aura 12 jours d'écoulés depuis la derniére conjonction ou nouvelle Lune. C'eft pourquoi 1760 aura 12 d'Epacte.

85. Il fuit de cette explication que l'Epacte doit augmenter de 11 chaque année. Car, puifque les nouvelles Lunes arrivent 11 jours plutôt une année que l'année précédente, l'âge de la Lune doit augmenter de la même quantité. Pour trouver les Epactes dans ce fiécle, on divife le Nombre d'or par 3. S'il refte un à la divifion, on ôte un du Nombre d'or pour avoir l'Epacte. S'il refte 2 à la divifion, on ajoûte 9 au Nombre d'or, & s'il refte 3, on ajoûte 19, & on a l'Epacte. Suppofé que la fomme foit plus grande que 30, on en prend le furplus.

86. On a fouvent recours à une autre opération, mais qui eft abfolument équivalente. On compte le Nombre

d'or circulairement sur trois doigts; c'est-à-dire, que du troisiéme doigt on passe au premier. Si le Nombre d'or finit sur le premier doigt, on en retranche un pour avoir l'Epacte; s'il finit sur le second doigt, on y ajoûte 9, & s'il finit sur le troisiéme, on y ajoûte 19. Cette maniére de conclure du Nombre d'or les Epactes, les fait augmenter de 11 chaque année. Si le Nombre d'or est 1, on prend 29 pour l'Epacte. Voici une petite Table qui marque la correspondance qu'ont actuellement ces Nombres.

Nombre d'or	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Epactes	29.	11.	22.	3.	14.	25.	6.	17.	28.	9.	20.	1.	12.	23.	4.	15.	26.	7.	18.

Trouver l'Age de la Lune pour un jour proposé.

87. Lorsqu'on veut trouver l'âge de la Lune, on ajoûte trois choses ensemble; l'épacte de l'année, le nombre des mois écoulés depuis Mars inclusivement, & le quantiéme du mois. La somme donne l'âge de la Lune; mais lorsqu'elle surpasse 30 on en prend le surplus, si le mois a 31 jours, & le surplus de 29 si le mois n'a que 30 jours.

88. On demande, par exemple, l'âge de la Lune le 8 Mai 1760. L'Epacte, comme nous l'avons vû, sera de 12. Il y a, outre cela, en Mai trois mois écoulés depuis Mars, parce qu'on comprend Mars dans ce nombre, de même que le mois proposé. La somme des deux nombres fait 15, & ajoûtant de plus 8 de quantiéme, il vient 23 pour l'âge de la Lune. Ainsi selon ce calcul la conjonction arrivera 23 jours avant le 8 Mai 1760, & le 8 Mai sera à peu près le tems du dernier quartier.

89. L'Epacte marque non-seulement l'âge qu'avoit la Lune à la fin de l'année précédente, elle le marque aussi pour Février de l'année courante. Elle augmente, comme nous l'avons vû, de 11 jours d'une année à l'autre, & elle augmente donc à peu près d'un jour chaque mois. C'est

pourquoi on ajoûte le nombre des mois écoulés depuis Mars ; on a ensuite l'âge qu'avoit la Lune à la fin du mois qui précéde celui dont il s'agit. Mais il faut encore après cela ajoûter le quantiéme du mois, puisque c'est un surcroît de plus à l'âge de la Lune.

90. Lorsque la somme est trop grande, il faut prendre le surplus de 29 ou de 30. Il faudroit dans la rigueur, faire les Lunaisons de 29 jours 12 heures 44 min. mais on évite les fractions en faisant certaines Lunaisons plus longues, & d'autres plus courtes.

91. Pour distinguer les mois qui ont 30 jours de ceux qui en ont 31, on ferme deux doigts d'une main le second & le quatriéme, & on ouvre les trois autres: ils sont alternativement ouverts & fermés ; on prononce ensuite les noms des mois sur les cinq doigts, en commençant par Mars & par le pouce qui est du nombre des doigts ouverts. Tous les mois qui tombent sur les doigts ouverts ont 31 jours, & ceux qui tombent sur les doigts fermés n'en ont que 30. Février forme une exception à cette régle, comme on le sçait: il n'a que 28 jours les années communes, & 29 les années bissextiles.

92. Proposons-nous pour second exemple, de trouver l'âge de la Lune le 23 Nombre 1770. On aura 4 pour le Nombre d'or de cette année-là ; l'Epacte sera de 3 ; & si l'on fait une somme de l'Epacte, de 9 qui marque les mois écoulés depuis Mars, & de 23 pour le quantiéme, on aura 35. Il faut prendre l'excès au-dessus de 29, parce que le mois de Novembre n'a que 30 jours, & il viendra 6 pour l'âge de la Lune.

Trouver immédiatement quel jour du Mois arrive la Nouvelle Lune.

93. Lorsqu'on connoît l'âge de la Lune, on peut sçavoir quel jour arrive la nouvelle Lune ; mais on peut le trouver immédiatement, en ajoûtant simplement deux

choses, sçavoir l'Epacte avec le nombre des mois écoulés depuis Mars, & en ôtant de 29 ou de 30 la somme, selon que le mois a 31 jours ou 30 jours; & on l'ôte de 60, si elle est trop grande. La raison de cette pratique est bien simple. La somme de l'Epacte & des mois écoulés depuis Mars donne l'âge de la Lune à la fin du mois proposé. Ainsi en l'ôtant de 30, il doit rester le jour de la nouvelle Lune.

94. *Exemple.* On demande le jour qu'arrivera la nouvelle Lune en Novembre 1770. L'Epacte sera 3, qui étant ajoûtée à 9, donne 12, & ôtant ce dernier nombre de 29, il restera 17 pour le jour de la nouvelle Lune. C'est ce qui s'accorde avec les 6 jours de Lune que nous trouvons pour le 23.

95. Il suffit d'ôter l'Epacte de 30 pour avoir le jour de la nouvelle Lune pour Janvier & pour Mars, & on l'ôtera de 29 pour Février.

IV.

Du Cycle Solaire, & de la maniére de trouver quel jour de la Semaine doit tomber un Quantiéme ou une Datte proposée.

96. « Quoique la maniére d'ordonner toutes les par- « ties du Calendrier, n'ait qu'un rapport assez éloigné « avec le Pilotage, nous croyons néanmoins devoir con- « tinuer à en parler. Il est à propos de précautionner les « Pilotes contre l'inconvénient dans lequel ils tombe- « roient, si pendant les longs séjours qu'ils font quelque- « fois avec leurs Vaisseaux sur des Côtes désertes, ils tom- « boient dans quelque mécompte sur le quantiéme du « mois. Il est certain que le retour réglé des jours de la « semaine sert souvent à nous empêcher de nous trom- « per sur ce point. «

97. » On nomme *Cycle Solaire*, une révolution de 28 » ans, à la fin de laquelle les jours de la semaine & les » quantiémes des mois se répondent de la même maniè» re. Cette révolution est de 28 ans à cause des 7 jours » de la semaine qui se multiplient par les quatre années » au bout desquelles revient la Bissextile. Pour trouver le » Cycle Solaire, on ajoûte 9 à l'année proposée, & on » divise la somme par 28; le quotient de la division mar» que le nombre de fois dont la révolution s'est répétée » depuis JESUS-CHRIST, & le reste marque le Cycle So» laire.

98. » Si l'on veut avoir, par exemple, le Cycle So» laire pour 1760, on divisera 1769 par 28, & comme il » restera 5 à la division, on aura 5 de Cycle Solaire.

De la Lettre Dominicale.

99. » On assigne dans les Calendriers une des sept pre» mieres lettres de l'alphabeth à chaque jour du mois; la » *Lettre Dominicale* est celle qui indique les Dimanches; & » le Cycle Solaire sert à trouver cette lettre. Si l'on trou» ve, par exemple, que E soit la Lettre Dominicale d'une » certaine année, on n'aura qu'à chercher dans un Calen» drier tous les jours qui sont marqués par E, & on aura les » Dimanches: la Lettre Dominicale ne sera plus la même » l'année suivante, parce que les Dimanches ne répon» dent pas aux mêmes quantiémes deux années de suite. » Le Cycle Solaire sera plus grand, & il indiquera cette » différence, qui vient de ce que l'année ne contient » pas un nombre exact de semaines. L'année contient 52 » semaines & un jour lorsqu'elle est commune, & 52 se» maines & deux jours lorsqu'elle est bissextile.

100. » Voici une petite Table qui marque le rapport pour » le siécle présent entre le Cycle Solaire & les Let» tres Dominicales. Il faut remarquer que les années bis» sextiles ont deux de ces lettres: la premiére sert depuis

le commencement de l'année jusqu'au 24 de Février, & «
la seconde sert tout le reste de l'année. «

Pour les Lettres Domin. pendant le dix-huitiéme siécle.

Cycle Solaire	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Lettres Domin.	DC.	B.	A.	G.	FE.	D.	C.	B.	AG.	F.	E.	D.	CB.	A.	G.	F.
Cycle Solaire	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.				
Lettres Domin.	ED.	C.	B.	A.	GF.	E.	D.	C.	BA.	G.	F.	E.				

101. Le retranchement de la Bissextile à la fin de ce « siécle, sera cause que la petite Table précédente cessera « de servir, on aura recours alors à cette autre. «

Pour les Lettres Domin. pendant le dix-neuviéme siécle.

Cycle Sol.	1.	2.	3.	4	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Lett. Dom.	ED.	C.	B.	A.	GF.	E.	D.	C.	BA.	G.	F.	E.	DC.	B.	A.	G.
Cycle Sol.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.				
Lett. Dom.	FE.	D.	C.	B.	AG.	F.	E.	D.	CB.	A.	G.	F.				

102. On peut suppléer au défaut de la premiere de « ces petites Tables comme le font plusieurs personnes, « par un moyen qu'on retient aisément. On a cherché des « mots qui commençassent par les Lettres Dominicales. « On peut employer ceux-ci qui sont en usage : *Dei Cœlum* « *Bonus Accipe Gratis Filius Esto*. On compte le Cycle solai- « re circulairement sur quatre doigts, & on prononce les « mots précédens, en appliquant toujours deux mots au « premier doigt, parce qu'il répond aux années bissextiles « qui ont deux Lettres Dominicales. «

103. Supposé que le Cycle solaire soit de 10, ce « nombre étant compté sur quatre doigts, finira sur le se- « cond dans le troisiéme tour. On répetera les mots *Dei* « *Cœlum Bonus*, &c. En commençant par *Dei Cœlum*, on « s'arrêtera au nombre qui exprime le Cycle solaire, & le « mot *Filius* apprendra que *F* est la Lettre Dominicale, « ou qu'elle indique alors le Dimanche dans le Calen- « drier. «

104. » Dans le siécle suivant on pourra se servir des » mêmes mots ; mais au lieu de les commencer par *Dei* » *Cœlum*, il faudra le faire par *Esto Dei Cœlum*, &c.

De la Lettre Fériale.

105. » La Lettre fériale sert à marquer le jour de la se- » maine par lequel commence chaque Mois. Il y a des » Mois, comme Mars & Novembre, qui commencent » par le même jour de la Semaine, parce qu'il y a depuis » le commencement de l'un jusqu'au commencement de » l'autre, un nombre complet de Semaines : on a eu le soin » de donner aussi à ces mois la même Lettre fériale. On » les trouvera toutes par le moyen de ces douze mots : *A* » *Dieu Donc Gassion, Brave Et Généreux Commandant, Fide-* » *le Appui Des François.* Ces mots répondent, selon l'ordre » qu'ils suivent à chaque Mois de l'Année, & leur pre- » miere lettre est la fériale du Mois dont il s'agit. Juillet, » par exemple, étant le septiéme Mois, il faut s'arrêter » au septiéme mot, qui apprendra que G est la Lettre fé- » riale.

106. » Ayant trouvé la Lettre fériale, & sçachant d'ail- » leurs la Lettre Dominicale, il est facile de trouver quel » jour de la Semaine commence un mois proposé. Si on » trouve que la Lettre fériale concourt avec la Dominica- » le, le Mois commencera par le Dimanche, & les au- » tres Dimanches seront les 8, 15, 22 & 29. Si la Let- » tre fériale suit immédiatement la Lettre Dominicale, ou » si elle la précéde, le Mois proposé commencera par le » Lundi ou par le Samedi, & les autres Lundi ou Samedi » tomberont les 8, 15, 22, &c. comme on le trouve en » augmentant continuellement ces quantièmes de sept » jours pour chaque Semaine.

107. » Nous nous contenterons, pour éclaircir tout ce » que nous venons de dire, de chercher quel jour de la » Semaine arrivera le 25 Septembre 1780. Le Cycle Solai-

» re

te de cette année-là sera de 25. Ce nombre compté circulairement sur quatre doigts, finit sur le premier après six tours ; & on trouvera en répétant les mots *Dei Cœlum Bonus*, &c. qu'il faut s'arrêter aux deux mots *Bonus Accipe*, qui nous donnent *B* & *A* pour Lettres Dominicales. L'année 1780 a deux Lettres Dominicales, parce qu'elle est bissextile ; mais nous devons prendre la seconde, puisqu'il s'agit du mois de Septembre. Ce mois est le neuvieme de l'année, & il répond au mot *Fidele* ; ainsi il a *F* pour lettre Fériale ; or cette lettre répond au Vendredi, lorsque la lettre A marque le Dimanche. Le premier de Septembre 1780, sera donc un Vendredi, le 8 en sera encore un, de même que le 15 & le22. Le 25 sera par conséquent un Lundi. «

CHAPITRE V.

Méthode plus exacte que celle de l'Article III. du Chapitre précédent pour calculer les Lunaisons.

I.

108. NOus revenons au calcul des Lunaisons, « que nous allons rendre beaucoup plus exact, « en employant les Epactes astronomiques à la place des « Epactes vulgaires. On fait augmenter celles-ci de 11 « jours chaque année commune, au lieu qu'elles n'augmentent réellement que de 10 jours 15 heures 12 min. « qui est le surplus de 365 jours sur 12 Lunaisons, qui valent 354 jours 8 heures 48 min. On suppose ordinairement qu'il y a depuis une nouvelle Lune jusqu'à une autre, tantôt 29 jours, & tantôt 30 jours ; au lieu que les « mouvemens du Soleil & de la Lune étant regardés com- «

» me uniformes, chaque Lunaison est exactement de 29 » jours 12 heures 44 min. 3 secondes. Ces différences en » entraînent d'autres, & on y a eu égard dans les Epactes » astronomiques, sur lesquelles on opére précisément de » la même maniere que sur les Epactes ordinaires.

109. On ajoute à l'Epacte de 1700 l'augmentation an» nuelle qu'elle a reçue depuis cette premiere date ou épo» que; ce qui donne déja l'Epacte pour l'année proposée. » Au lieu ensuite du nombre de mois écoulés depuis Mars, » on ajoutera l'augmentation particuliere reçue par l'E» pacte depuis le commencement de l'année. On retran» che un jour de cette somme pour Janvier & Fevrier, si » l'année est bissextile, & après l'avoir ainsi diminué, on » l'ôte d'une Lunaison, ou si elle est trop grande on l'ôte » de 59 jours 1 heure 28 min. qui est la valeur de deux » Lunaisons, ou bien on l'ôte de trois Lunaisons, &c. » Le reste donne le jour & l'heure qu'arrive la nouvelle » Lune : mais il faut remarquer que les heures que four» nit le calcul commencent toujours à midi, & que si » elles surpassent douze heures, le surplus devient des heu» res du matin pour le jour suivant.

110. » Lorsqu'on a l'instant de la nouvelle Lune, on » n'a qu'à ajouter 14 jours 18 heures 22 min. qui est la moi» tié d'une Lunaison, & on trouvera l'instant de la pleine » Lune. On peut aussi marquer l'instant de l'un ou de l'au» tre Quartier, en les éloignant de 7 jours 9 heures 11 mi» nutes de l'instant des Syzigies, ou d'une nouvelle ou » pleine Lune.

111. » *Premier Exemple.* On de» mande le jour & l'heure qu'ar» rivera la nouvelle Lune au » mois d'Avril 1754.

Jours.	Heur.	Min.	
9	23	08	Epacte pour 1700.
21	21	18	. . . pour 40 ans.
4	4	59	. . . pour 14 ans.
1	9	48	. . . . pour Avril.
37	11	13	Somm. des Epact.
59	1	28	Deux Révolut.
21	14	15	Nouvelle Lune en Avril 1754.

112. » J'ajoûte l'Epacte de » 1700 avec ses augmentations » pour 40 ans, pour 14, & pour » Avril; il me vient 37 jours 11 heures 13 min. que

j'ôte de deux révolutions ou lunaifons, & il me refte « 21 jours 14 heures 15 min. pour l'inftant de la nouvelle « Lune ; c'eft-à-dire, qu'elle arrivera le 22 à 2 heures 15 « min. du matin. «

113. Si l'on demande la pleine Lune précédente, « il n'y a qu'à retrancher une demie Lunaifon, & il re- « ftera 6 jours 19 heures 53 min. pour la pleine Lune; « c'eft-à-dire, qu'elle arrivera le 7 à 7 heures 53 min. du « matin. «

114. *Second Exemple.* On de- « mande la nouvelle Lune au « mois de Février 1764. «

115. J'ajoûte les Epactes « pour 1700, pour 60 ans, pour « 4 ans, & pour Février, je re- « tranche un jour de la fom- « me, parce que l'année eft bif- « fextile, & qu'il s'agit de Fé- « vrier : je ferois la même chofe pour Janvier. «

Jours.	Heur.	Min.	
9	23	08	. . . . pour 1700.
3	7	13	. . . pour 60 ans.
14	0	1	. . . . pour 4 ans.
1	11	16	. . . pour Février.
28	17	38	Somme.
1			
27	17	38	Somme diminuée à caufe de la biffext.
29	12	44	Révolution.
1	19	6	Nouvelle Lune en Février 1764.

J'ôte enfuite la fomme, d'une révolution, & il me re- « fte 1 jour 19 heures 6 min. pour l'inftant de la nouvelle « Lune : & comme les 19 heures 6 min. commencent le « premier à midi, c'eft une marque que la nouvelle Lune « arrivera le 2 à 7 heures 6 min. du matin pour le Méri- « dien de l'Ifle-de-Fer. «

116. Si l'on ajoute 7 jours 9 heures 11 min. au tems « de la nouvelle Lune, on aura le premier Quartier le 9 « à 4 heures 17 min. après midi. Autres 7 jours 9 heures « 11 min. après, on aura la pleine Lune le 17 à 1 heure « 28 min. du matin. «



II.

Correction dont a besoin le Calcul précédent.

117. » Quoique l'usage des Epactes astronomiques » soit plus sûr que celui des Epactes vulgaires, il s'en faut » cependant beaucoup qu'il soit suffisamment exact. Les » Epactes astronomiques sont fondées sur une supposition » qui n'a pas lieu ; elles supposent que les mouvemens » du Soleil & de la Lune sont parfaitement uniformes, » quoiqu'ils ne le soient pas.

118. » Pour prendre une idée de l'irrégularité du mou- » ment de ces deux Planétes, il suffit de jetter les yeux sur » la *Figure* 55, dans laquelle la ligne courbe *ABCD* mar- » que la route du Soleil ou de la Lune autour de la Terre *T*. » Ces Planétes ne paroissent pas décrire un cercle exact » par leur mouvement particulier, mais une espéce d'ova- » le, dont la Terre n'occupe pas le centre. La Planete » change de distance à nous ; on s'en est assuré par plusieurs » moyens, & on le voit par le changement de grandeur » de la Planéte, qui nous paroît plus petite ou plus grande, » selon qu'elle s'enfonce plus ou moins dans le Ciel. Dans » chaque révolution il y a un point plus éloigné, & un au- » tre qui est à l'opposite, & qui est plus voisin de nous. Le » premier de ces points qui est le point *A*, se nomme » *Apogée*, & le point opposé *C*, qui est le plus voisin de » nous, se nomme *Périgée*. La Lune passe de l'un à l'autre » à peu près dans la moitié d'une Lunaison, & le Soleil » dans la moitié d'une année.

119. » La Planéte perd réellement de sa vitesse vers le » premier de ces points, & comme elle est alors plus éloi- » gnée de nous, c'est une raison de plus, pour qu'elle nous » paroisse aller encore plus lentement. A mesure que la » Planéte avance vers son périgée, ou vers le point *C*,

ſon mouvement devient plus rapide ; & comme la Planéte eſt plus voiſine de nous, ſa viteſſe nous paroît encore plus grande. Le diamétre de la Planéte, ou l'eſpace qu'elle occupe dans le Ciel nous paroît auſſi alors plus grand. Mais le changement que ſouffre la grandeur apparente de l'Aſtre, n'eſt pas auſſi conſidérable à proportion que celui que ſouffre ſa viteſſe, parce qu'il y a réellement une diminution de mouvement vers l'apogée, & un accroiſſement vers le périgée. Le mouvement eſt tel qu'il paroîtroit à peu près régulier, ſi on l'obſervoit d'un certain point *E*, mais dont nous ſommes ſur la Terre à une grande diſtance. Ce point *E*, d'où le mouvement de la Planéte paroîtroit égal, eſt autant avancé vers l'apogée, que le lieu *T* qu'occupe la Terre eſt voiſin du périgée. «

120. On nomme *Anomalie* l'angle *ATB*, dont la Planéte nous paroît éloignée de ſon apogée *A*. On compte ordinairement cette anomalie par ſignes qui, comme on le ſçait, valent 30 degrez chacun. Lorſque la Planéte a exactement ſix ſignes d'anomalie, elle eſt en ſon périgée *C*, ou à ſa moindre diſtance de la Terre. Elle continue à tracer l'autre partie *CDA* de ſa courbe, & l'anomalie devient de 7 ſignes, de 8, de 9, &c. «

121. Le Soleil ſe trouve dans ſon apogée vers la fin du mois de Juin ; de ſorte qu'il eſt réellement un peu plus éloigné de nous en Eté qu'en Hiver, au moins lorſque nous ſommes dans l'Hemiſphere ſeptentrional de la Terre : mais cette plus grande diſtance eſt plus que compenſée par la longueur des jours, & auſſi par la maniere dont nous ſommes frappés par les rayons de l'Aſtre qui eſt plus proche de notre zénith. La Terre n'étant pas exactement au centre de l'écliptique, le Soleil met ſept à huit jours de plus à parcourir les ſignes ſeptentrionaux que les méridionaux : il nous paroît outre cela un peu plus petit en Eté qu'en Hiver, ce qui ne peut pas manquer

» d'arriver, puiſqu'un objet plus éloigné, lorſque toutes » les autres circonſtances ſont égales, nous paroît toujours » moins grand.

122. Comme le lieu de l'apogée du Soleil ne change » que très-lentement, qu'il n'avance guère que d'un degré » en 60 ans, on peut ſuppoſer pendant très-long-tems » qu'il répond au même point de l'Equateur. Ce point a » actuellement environ 99 degrez d'aſcenſion droite; c'eſt-» à-dire, qu'à meſurer ſa diſtance dans le ſens de l'Equateur, » & d'Occident en Orient, il eſt éloigné de 99 degrez du » premier point d'*Ariès*. Ainſi il ſuffit de retrancher ce » nombre, de l'aſcenſion droite du Soleil, & on aura » aſſez exactement l'anomalie. Si l'aſcenſion droite de » l'Aſtre n'étoit pas aſſez grande, on y ajouteroit 360 deg. » avant que de faire la ſouſtraction, parce qu'on eſt con-» venu de compter l'anomalie toujours dans le même ſens » que l'aſcenſion droite, & de commencer à l'apogée.

123. » Si on nous demande, par exemple, l'anomalie du » Soleil pour le 7 Avril 1754, la troiſiéme Table des aſ-» cenſions droites m'apprend que ce jour-là le Soleil eſt à » un peu plus de 16 degrez de diſtance du premier point » d'*Aries*. Au lieu de 16 degrez, on peut prendre 376 de-» grez, en ajoutant 360 degrez; & ſi on retranche enſuite » 99 degrez, il viendra 277 degrez pour l'anomalie du » Soleil, c'eſt-à-dire, 9 ſignes 7 degrez.

124. » L'anomalie du Soleil étant trouvée, il n'eſt » pas difficile de ſçavoir le diamétre apparent de cet Aſtre, » ou l'angle ſous lequel il paroît. Nous avons dit ci-devant » qu'il étoit d'environ un demi degré : mais une petite » Table qu'on verra au N°. 133, en marquera exacte-» ment la grandeur pour toutes les differentes anoma-» lies, ou pour toutes les différentes ſituations du So-» leil, par rapport à ſon apogée *A*, & à ſon périgée *C*. » Suppoſé que l'anomalie du Soleil ſoit de 9 ſignes 7 de-» grez, on verra dans la petite Table que le diamétre ap-» parent de cet Aſtre, ou que l'eſpace qu'il paroît occu-

per dans le Ciel, eſt alors d'environ 32 min. 9 ſecondes. « Cette même Table indique les diamétres apparens de la « Lune pour ſes anomalies, & marque auſſi les divers pa- « rallaxes qu'a cette Planéte lorſqu'elle eſt à l'Horiſon. « Nous expliquerons ce que c'eſt que la parallaxe dans le « Livre ſuivant N°. 76. «

125. L'apogée de la Lune change de place avec « une aſſez grande viteſſe; il fait environ 40 degrez par « an dans l'ordre des ſignes. Je joins à la fin de ce Cha- « pitre (N°. 132.) une Table qui marque le progrès de « l'anomalie pour cette Planéte. On voit de combien l'a- « nomalie étoit pour 1700, & on fait une ſomme de « toutes les augmentations qu'elle a reçues depuis. Lorſ- « qu'il s'agit de Janvier & de Février dans une année biſ- « ſextile, la conſtruction de la Table exige qu'on ajoute « un jour de plus au quantiéme. Nous nous propoſerons « pour exemple de chercher l'anomalie de la Lune pour « le 7 Avril 1754 à midi «

126. Nous faiſons une ſomme des accroiſſemens qu'a « reçû l'anomalie depuis 1700, « & de ſa quantité pour cette « année-là. Il nous vient plus « de 12 ſig. & nous prenons « le ſurplus, parce que l'ano- « malie recommence après « chaque révolution que fait la «

Sig.	deg.	min.	
3	15	12	Anomal. pour 1700.
2	19	26	. . . . . pour 40 ans.
6	21	16	. . . . . pour 14 ans.
3	5	51	. . . . . . pour Avril.
3	1	27	. . . . . pour 7 jours.
7	3	12	Anomalie de la Lune pour le 7 Avril 1754.

Planéte par rapport à l'Apogée : cela ſuppoſé, nous trou- « vons 7 ſig. 3 deg. 12 min. pour la quantité dont la Lune « ſera éloignée de ſon apogée le 7 Avril 1754 à midi de « l'Iſle-de-Fer. «

127. Les anomalies du Soleil & de la Lune étant « déterminées, on en tire différens uſages, dont ce n'eſt « pas ici le lieu de parler; nous nous propoſons de nous en « ſervir actuellement pour avoir les corrections dont a be- « ſoin le calcul des Lunaiſons qui eſt fondé ſur les Epac- « tes aſtronomiques. Les deux Tables des N°. 134. & 135. «

» contiennent ces corrections ou *équations*, car ces deux » mots signifient la même chose lorsqu'il s'agit d'Astronomie. Nous avons trouvé ci-devant (N°. 113.) que le 7 » Avril 1754 il sera pleine Lune à 7 heures 53 minutes du » matin; nous allons chercher la correction dont a besoin » ce calcul.

128. » Les anomalies du Soleil & de la Lune pour ce » jour-là, seront de 9 signes 7 deg. & de 7 signes 3 deg. » Je trouve N°. 134. vis-à-vis de 9 sig. 0 deg. dans la pre» miere Table, 3 heures 21 min. qu'il faut ajouter pour » l'irrégularité du mouvement du Soleil; & vis-à-vis de » 9 sig. 10 deg. la correction est marquée de 3 heures 17 » min. Ainsi pour 9 sig. 7 deg. il faut ajouter à peu près 3 » heures 18 min. On soustrait pour les six premiers signes » d'anomalie, qui se comptent en descendant, & on ajou» te pour les six autres.

129. » L'autre Table N°. 135. donne les corrections » qu'il faut appliquer à cause de l'irrégularité du mou» vement de la Lune. On trouvera vis-à-vis de 7 sig. » 3 deg. d'anomalie environ 4 heures 56 min. qu'il faut » soustraire, comme il est marqué. Ainsi les deux correc» tions doivent se faire en sens contraires dans le cas pré» sent; l'une détruit en partie l'autre. Eû égard à tout, il » faut ôter 1 heure 38 min. de l'heure de la pleine Lune » trouvée par les Epactes astronomiques. Au lieu d'arriver » le 7 à 7 heures 53 min. du matin, elle arrivera à 6 heu» res 15 min.

130. » Il faut remarquer que, quoique les opérations » précédentes soient un peu longues, elles ne donnent » cependant encore qu'à peu près les Lunaisons. Pour » peu qu'on voulût porter la précision encore plus loin, » il faudroit avoir diverses autres attentions, qui ren» droient cette recherche beaucoup plus pénible; c'est ce » qui nous a obligé de nous borner à ce que nous venons » d'expliquer. »

TABLE

131. TABLE DES EPACTES ASTRONOMIQUES.

Epactes des Années depuis J. C.

	Jou.	Heur.	Min.
C. 1700	9	23	8
B. 1720	20	21	48
B. 1740	2	7	43
B. 1760	13	6	21
B. 1780	24	5	1
C. 1800	4	14	56

Epactes des années.

Années.		Jou.	Heur.	Min.
	1	10	15	11
	2	21	6	23
	3	2	8	5
B.	4	14	0	1
	5	24	15	13
	6	6	17	40
	7	16	8	52
B.	8	28	0	3
	9	9	2	31
	10	19	17	42
	11	0	20	9
B.	12	12	11	20
	13	23	2	32
	14	4	4	59
	15	14	20	10
B.	16	26	11	22
	17	7	13	49
	18	18	5	0
	19	28	20	12
B.	20	10	22	39
B.	40	21	21	18
B.	60	3	7	13
B.	80	14	5	53
B.	100	25	4	32
B.	200	20	20	20

Epactes des Mois.

Mois.	Jou.	Heur.	Min.
Janvier.	0	0	0
Février.	1	11	16
Mars.	29	11	16
Avril.	1	9	48
Mai.	1	21	4
Juin.	3	8	20
Juillet.	3	19	36
Août.	5	6	52
Septembre.	6	18	8
Octobre.	7	5	23
Novembre.	8	16	39
Décembre.	9	3	55

Révolutions *ou* Lunaisons.

	Jours.	Heur.	Min.		Jours.	Heur.	Min.
I.	29	12	44	XIII.	383	21	33
II.	59	1	28	XIV.	413	10	17
III.	88	14	12	XV.	442	23	1
IV.	118	2	56	XVI.	472	11	45
V.	147	15	40	XVII.	502	0	29
VI.	177	4	24	XVIII.	531	13	13
VII.	206	17	8	XIX.	561	1	58
VIII.	236	5	52	XX.	590	14	41
IX.	265	18	36	XXI.	620	3	25
X.	295	7	21	XXII.	649	16	9
XI.	324	20	5	XXIII.	679	4	53
XII.	354	8	49	XXIV.	708	17	37

132. TABLE
De l'Anomalie de la Lune.

Années.	Anomalies. Sig.	Deg.	Min.
1700	3	15	12
1740	6	4	38
1760	7	14	21
1780	8	24	4
1800	9	20	44

Progrès de l'Anomalie.

Années.	Sig.	Deg.	Min.
1	2	28	43
2	5	27	26
3	8	26	9
4	0	7	57
5	3	6	40
6	6	5	23
7	9	4	6
8	0	15	53
9	3	14	36
10	6	13	19
11	9	12	3
12	0	23	50
13	3	22	33
14	6	21	16
15	9	20	0
16	1	1	46
17	4	0	29
18	6	29	12
19	9	27	56
20	1	9	43
Janvier.	0	0	0
Février.	1	15	1
Mars.	1	20	50
Avril.	3	5	51
Mai.	4	7	48
Juin.	5	22	49
Juillet.	6	24	46
Août.	8	9	47
Septem.	11	24	47
Octobre.	10	26	44
Novem.	0	11	45
Décem.	1	13	42

Progrès de l'Anomalie.

Jours	Sig.	Deg.	Min.
1		13	4
2		26	8
3	1	9	11
4	1	22	15
5	2	5	20
6	2	18	23
7	3	1	27
8	3	14	31
9	3	27	35
10	4	10	39
11	4	23	43
12	5	6	47
13	5	19	51
14	6	2	55
15	6	15	59
16	6	29	3
17	7	12	7
18	7	25	11
19	8	8	15
20	8	21	18
21	9	4	22
22	9	17	26
23	10	0	30
24	10	13	34
25	10	26	38
26	11	9	41
27	11	22	45
28	0	5	49
29	0	18	54
30	1	1	57
31	1	15	1
Heur.			
1	0	0	33
2	0	1	6
3	0	1	38
4	0	2	11
5	0	2	43
6	0	3	16
7	0	3	49
8	0	4	21
9	0	4	54
10	0	5	26
11	0	5	59
12	0	6	32

133. TABLE
Des Diametres apparens du Soleil & des Parallaxes horiſontales de la Lune & de ſes diametres apparens à l'Horiſon.

Anomalies du Soleil ou de la Lune. Sig.	Deg.	Diametr. apparens du Soleil. M.	S.	Parallax. horiſont. de la Lune. M.	Diametr. apparens de la Lune. M.	S.	Anomalies du Soleil ou de la Lune. Sig.	Min.
O	0	31	40	54	29	30	XII.	0
	10				29	33		20
	20				29	38		10
I.	0	31	46		29	46	XI.	0
	10	. . .		55	29	58		20
	20				30	12		10
II.	0	31	56		30	27	X.	0
	10	. . .		56	30	47		20
	20				31	8		10
III.	0	32	12	58	31	28	IX.	0
	10				31	48		20
	20	. . .		60	32	8		10
IV.	0	32	28		32	28	VIII.	0
	10				32	47		20
	20	. . .		61	33	2		10
V.	0	32	42		33	13	VII.	0
	10				33	22		20
	20				33	27		10
VI.	0	32	47	62	33	30	VI.	0



TABLES des Corrections qu'il faut faire au calcul des Lunaisons qu'on a cherchées par les Epactes Astronomiques.

134.

Soustrayez en descendant.

Anomalies du Soleil.		Equations		Anomalies du Soleil.	
Sig.	Deg.	Heur.	Min.	Sig	Deg.
O	0	0	0	XII.	0
	10	0	34		20
	20	1	7		10
I.	0	1	38	XI.	0
	10	2	6		20
	20	2	31		10
II.	0	2	51	X	0
	10	3	7		20
	20	3	17		10
III.	0	3	21	IX.	0
	10	3	20		20
	20	3	7		10
IV.	0	2	51	VIII.	0
	10	2	31		20
	20	2	6		10
V.	0	1	38	VII.	0
	10	1	7		20
	20	0	34		10
VI.	0	0	0	VI.	0

Ajoutez en montant.

135.

Ajoutez en descendant.

Anomalies de la Lune.		Equations pour les Syzygies.		Equations pour les Quadrat.		Anomalies de la Lune.	
Sig.	Deg.	Heur.	Min.	Heur.	Min.	Sig.	Deg.
O	0	0	0	0	0	XII.	0
	10	1	48	2	49		20
	20	3	33	5	26		10
I.	0	5	11	7	45	XI.	0
	10	6	38	9	53		20
	20	7	47	11	35		10
II.	0	8	40	12	54	X.	0
	10	9	17	14	1		20
	20	9	41	14	39		10
III.	0	9	45	14	54	IX.	0
	10	9	32	14	30		20
	20	8	54	13	38		10
IV.	0	8	6	12	38	VIII.	0
	10	7	2	11	22		20
	20	5	51	9	33		10
V.	0	4	32	7	38	VII.	0
	10	3	5	5	6		20
	20	1	33	2	32		10
VI.	0	0	0	0	0	VI.	0

Otez en montant.

LIVRE QUATRIÉME,

Usages qu'ont dans la Navigation les différentes Connoissances d'Astronomie données dans le Livre précédent.

CHAPITRE PREMIER.

Méthode plus exacte que celle que nous avons expliquée à la fin du second Livre pour trouver l'heure du Flux & Reflux.

I.

1. » NOUS sommes en état de calculer maintenant toutes les circonstances des Marées avec » plus d'exactitude que nous ne l'avons fait à la fin du » second Livre. Le Lecteur se souvient sans doute qu'il » est pleine Mer dans chaque Port à la même heure tous » les jours des nouvelles & pleines Lunes, & qu'on prend » cette heure-là pour l'établissement du Port. Les Ma- » rées se font les jours suivans à différentes heures, elles » retardent; & nous supposions que le retardement étoit » uniforme, qu'il étoit d'un jour à l'autre, de 48 minutes » d'heure, ou de 4 heures en 5 jours. Mais toutes les ob- » servations exactes nous montrent que les Marées ne re- » tardent pas d'une maniére égale; elles retardent beau- » coup moins vers les nouvelles & pleines Lunes, que vers

les quadratures. Cette inégalité vient de ce que la Lune « n'est pas l'unique cause du flux & reflux, & de ce que le « Soleil y a aussi part. Les deux Astres ayant une certaine « force pour soulever les eaux de la Mer, au-dessus desquel- « les ils passent, il faut considérer leur action comme réu- « nie dans un point moyen: l'endroit le plus élevé de la Mer « ne répond ni à l'un ni à l'au- « tre des deux Astres; il répond « entre les deux, mais il est « plus voisin de la Lune, par- « ce qu'elle agit avec plus de « force, & il ne fait pas au- « tant de chemin que cette « derniére Planéte, lorsqu'el- « le s'éloigne du Soleil. Ou- « tre cela, son mouvement « n'est pas uniforme ; il s'en « faut même beaucoup. Voici « ci-à-côté une petite Table « qui marque d'une maniére « plus conforme aux observa- « tions, les retardemens des « Marées, ou leurs anticipa- « tions par rapport à l'établis- « sement. «

2 Si nous reprenons l'exem- « ple que nous nous étions « proposé au N°. 196 du II. « Livre pour le 21 Août 1754 « au Havre de Grace, nous « n'avons qu'à chercher dans « cette Table le retardement « pour trois jours qui s'écou- « leront depuis le 18 Août « jusqu'au 21, & on aura 1 h. « 46 m. au lieu de 2 h. 24 m. «

TABLE du Retardement des Marées.

		Anticiation.				Retard.	
		H.	M.			H.	M.
Jours avant la nouvelle ou pleine Lune.	7½	. . . .		Jours avant la Quadrature.	7½	. . . .	
	7	. . . .			7	. . . .	
	6½	. . . .			6½	. . . .	
	6	5	22		6	0	54
	5½	4	42		5½	1	11
	5	4	4		5	1	28
	4½	3	34		4½	1	46
	4	2	58		4	2	3
	3½	2	29		3½	2	21
	3	2	4		3	2	40
	2½	1	39		2½	3	1
	2	1	17		2	3	21
	1½	0	57		1½	3	44
	1	0	37		1	4	9
	0½	0	18		0½	4	37
●	○	0	0	☾	☽	5	6
Jours depuis la nouvelle ou pleine Lune.	0½	0 Retard.	17	Jours après la Quadrature.	0½	5	39
	1	0	36		1	6	19
	1½	0	54		1½	6	58
	2	1	11		2	7	37
	2½	1	28		2½	8	14
	3	1	46		3	8	47
	3½	2	3		3½	9	17
	4	2	21		4	9	44
	4½	2	40		4½	10	9
	5	3	1		5	10	32
	5½	3	21		5½	10	53
	6	3	44		6	11	13
	6½	. . . .			6½	. . . .	
	7	. . . .			7	. . . .	
	7½	. . . .			7½	. . . .	

» L'établissement du Havre est 9 h. 20 m. Ainsi il sera pleine » Mer dans ce Port le 21 Août 1754 à 11 h. 6 m. & non » pas à 11 h. 44 m. comme nous le trouvions.

3. » Nous nous étions proposé un autre exemple pour » le 16 Janvier 1753 à Brest. Il y aura 12 jours écoulés » depuis la nouvelle Lune; mais comme cet intervalle » est fort grand, je cherche la distance du jour proposé à » la pleine Lune suivante. Nous nous faisons une loi de » comparer toujours à la syzygie, ou à la quadrature de la » Lune la plus voisine, le jour proposé. La pleine Mer » doit arriver avant l'heure de l'établissement, puisque le » jour dont il s'agit précéde la pleine Lune : ainsi nous ne » devons pas trouver la quantité du retardement des ma- » rées, mais la quantité de leur anticipation. S'il est ques- » tion de la pleine Mer du soir, on remarquera qu'il s'en » manque environ trois heures qu'elle ne précéde de trois » jours la pleine Lune. La petite Table, pour trois jours, » donneroit 2 h. 4 m. pour l'anticipation des marées, ou » pour la quantité dont elles doivent arriver plutôt qu'à » la nouvelle ou pleine Lune; & elle donneroit 1 heure » 39 min. pour deux jours & demi. On pourra prendre 1 » heure 58 min. & si on les retranche de 3 heures 30 min. » établissement de Brest, il viendra 1 heure 32 min. pour » le tems de la pleine Mer dans ce Port le 16 Janvier » 1753. Il ne faut pas que nous ajoûtions, mais que nous » retranchions 1 heure 58 min. puisque cette différence » que nous fournit la Table est une anticipation, & non » pas un retardement.

4. » Au surplus on ne doit pas croire que ce nouveau » calcul s'accorde toujours parfaitement avec l'observa- » tion. Les vents, selon leurs différentes directions, peu- » vent altérer considérablement le mouvement des Ma- » rées. Cependant si l'on excepte quelques cas très-rares, » la différence n'ira jamais guère qu'à un quart-d'heure; » au lieu qu'on peut souvent tomber dans une erreur de » plus d'une heure par le calcul ordinaire. Nous devons

ajoûter que la petite Table que nous donnons, n'est pas « absolument réguliére ; il faudroit dans la rigueur en em- « ployer plusieurs, à cause du peu de conformité qu'il y a « d'une lunaison à l'autre dans les mouvemens de la Lune « par rapport au Soleil. Au lieu de nous proposer une « précision qu'on n'obtiendroit que très-difficilement, « nous croyons pouvoir nous servir toujours de la même « Table, en évitant attentivement, comme nous venons « de le faire pour l'exemple du 16 Janvier 1753, de pren- « dre un terme de comparaison trop éloigné. Si l'intervalle « est de plus de 4 ou 5 jours pour aller à la nouvelle ou pleine « Lune précédente ou suivante, on regardera combien on « est éloigné de la quadrature, & on se servira de la qua- « triéme colomne de la petite Table. «

Trouver l'Etablissement d'un Port.

5. On aura recours à la même Table pour trouver l'é- « tablissement d'un Port, lorsqu'on y aura observé l'heure « de la Marée un certain jour. La Table marquera la quan- « tité du retardement ou de l'anticipation pour le jour de « l'observation, & elle la donnera toujours par rapport à « l'heure de l'établissement. Ainsi il n'y aura qu'à ôter le « retardement, ou ajoûter l'anticipation à l'heure qu'on « aura observée, & on aura l'heure de la pleine Mer pour « le jour de la nouvelle & pleine Lune. «

6. On observe, par exemple, la pleine Mer à 10 heu- « res 20 min. dans un certain Port un demi-jour avant la « nouvelle Lune. Nous consultons la petite Table qui « nous apprend qu'un demi-jour donne 18 min. d'anticipa- « tion, ou que la pleine Mer doit arriver 18 min. plutôt « à cause du demi-jour. On aura donc 10 heures 38 min. « pour l'établissement. «

7. Supposons pour second exemple, que deux jours & « un quart avant une des quadratures, on observe qu'il est « pleine Mer dans un Port à 5 heures 40 min. On trouve- «

» ra dans la Table, 3 heures 11 min. pour le retardement ;
» d'où il s'ensuivra que la Mer aura été pleine le jour de
» la nouvelle ou pleine Lune à 2 heures 29 min. & ce sera
» l'établissement requis. »

II.

Ayant observé la hauteur de la Marée dans un Port à une nouvelle ou pleine Lune, calculer la hauteur que doit avoir la Marée aux autres conjonctions ou oppositions, & aux quadratures.

8. » Nous pouvons prévoir aussi quelle sera la hauteur » de la Marée dans un Port, lorsque nous en aurons déja » observé une. Le flux & reflux deviennent plus ou moins » grands, lorsque le Soleil & la Lune changent de dis- » tance par rapport à la Terre. Si ces deux Planétes sont » plus éloignées de nous, elles agiront moins sur la Mer, » & leur effet souffrira une diminution qui ne sera pas sim- » plement moindre dans le même rapport qu'elles seront » à une plus grande distance de la Terre ; mais environ » trois fois davantage. D'un autre côté la Lune, comme » nous l'avons déja dit, contribue beaucoup plus que le » Soleil aux mouvemens du flux & reflux, elle y a envi- » ron $3\frac{1}{2}$ fois plus de part ; elle en produit environ les sept » neuviémes, pendant qu'il faut attribuer les deux autres » neuviémes à l'action du Soleil. C'est ce qu'on a décou- » vert, en comparant les Marées des nouvelles & pleines » Lunes, qui sont causées par l'action réunie des deux » Planétes, avec les Marées des quadratures qui répon- » dent à l'excès d'une action sur l'autre. On s'est mis en » état, par ces observations, de calculer pour la suite la » hauteur de toutes les Marées dans les différens Ports ; » mais nous nous bornerons ici aux seules grandes Marées

qui

qui ſuivent les nouvelles ou pleines Lunes, & aux plus «
petites qui ſuivent les quadratures. «

9. Au lieu de fonder notre calcul ſur les diſtances du «
Soleil & de la Lune à la Terre, nous employerons les «
diamétres apparens de ces Planétes. Lorſqu'elles s'appro- «
chent de nous, leur diamétre apparent augmente; ce «
qui eſt plus propre à exprimer l'augmentation que re- «
çoivent auſſi les Marées. Nous avons donné à la fin du «
Livre précédent N°. 133, une petite Table qui nous in- «
dique ces diamétres; nous les réduirons en ſecondes, «
& pour exprimer d'une maniére générale l'effet des deux «
Planétes dans le flux & reflux, nous ajoûterons le dou- «
ble & un tiers du diamétre apparent de la Lune, avec «
les deux tiers du diamétre du Soleil. Il y auroit une pe- «
tite réduction à faire à ce dernier diamétre, pour ſe con- «
former rigoureuſement aux ſuppoſitions que nous em- «
braſſons, parce que les diamétres moyens du Soleil & «
de la Lune ne ſont pas égaux; mais nous pouvons né- «
gliger ici cette différence, d'autant plus qu'il y a lieu de «
croire que l'action de la Lune n'eſt pas tout-à-fait trois «
fois & demie plus forte que celle du Soleil. En ajoû- «
tant ces produits des diamétres, nous aurons une ſomme, «
& elle aura un rapport conſtant avec la grandeur des «
Marées dans chaque Port, pourvû que les autres circon- «
ſtances ſoient les mêmes. «

10. La déclinaiſon des deux Planétes influe auſſi ſur «
le flux & reflux; mais il eſt beaucoup moins facile de «
marquer la loi que ſuit ce dernier changement qui ne «
doit pas être le même pour tous les endroits de la Mer. «
La diminution en déclinaiſon produit dans ces Pays-ci «
le même effet que l'augmentation des diamétres appa- «
rens des deux Planétes; les Marées deviennent plus gran- «
des, lorſque la Lune s'approche de l'Equateur. Ainſi on «
doit introduire dans la ſomme dont nous venons de «
parler, une certaine partie de la déclinaiſon, à laquelle «
nous n'aurions point d'égard ſi nous étions dans la Zone «

» torride. Nous prendrons le quart de cette déclinaiſon » après l'avoir réduite en minutes ; & ſi on l'ôte de la ſomme des deux autres quantités, que nous ont fourni les » diamétres, on trouvera un nombre que nous nomme- » rons l'*Expoſant des hauteurs des Marées*, parce qu'il aura » toujours ſenſiblement le même rapport avec ces hauteurs.

11. » Lorſqu'on aura donc obſervé la hauteur d'une » grande Marée à la ſuite d'une nouvelle & pleine Lune, » il n'y aura qu'à en chercher l'Expoſant, comme nous » venons de l'indiquer ; & ſi on calcule après cela le mê- » me Expoſant pour toute autre nouvelle ou pleine Lu- » ne, il ne reſtera plus qu'une ſimple régle de Trois à » faire pour trouver la quantité du flux & reflux. Le pre- » mier Expoſant ſera à la hauteur de la Marée obſervée, » comme tout autre Expoſant trouvé pour une autre ſyzy- » gie ſera à la hauteur qu'on vouloit découvrir.

12. » Si on demande la hauteur de la Marée pour une » des quadratures, & non pas pour une nouvelle ou plei- » ne Lune, il ſuffira, lorſqu'on en cherchera l'*Expoſant*, de » ſouſtraire les deux tiers du diamétre apparent du Soleil, » au lieu de les ajoûter ; & il n'y aura aucune autre diffé- » rence dans le calcul.

13. » Nous éclaircirons tout ce que nous venons de » dire par un exemple. Nous ſuppoſerons qu'on a obſervé » dans un certain Port le 19 Mars 1745, un jour & demi » après la pleine Lune, que la hauteur de la Marée a été » de 17 pieds 6 pouces, & nous chercherons combien la » Mer montera dans le même Port à la nouvelle Lune » de Juin 1754.

14. » Nous trouverons d'abord, comme nous l'avons » expliqué à la fin du Livre précédent, les diamétres du » Soleil & de la Lune pour l'inſtant de la pleine Lune de » Mars 1745 ; nous ne chercherons pas ces diamétres » pour l'inſtant de la Marée, mais pour celui de la ſyzy- » gie, parce que la grandeur du flux & reflux dépend des » circonſtances de la ſyzygie, quoiqu'elles ſoient anté-

rieures d'environ un jour & demi : il faut ce jour & demi « pour qu'elles produisent leur effet ici-bas. Nous trou- « vons 33′ 22″ pour le diamétre apparent de la Lune, ou « 2002″, & pour celui du Soleil 32′ 18″, ou 1938″. Nous « ajoûterons le double & un tiers du premier de ces dia- « métres, avec les deux tiers du second ; ce qui nous don- « nera 5963 : la déclinaison de la Lune étoit alors d'en- « viron 2 deg. 16 min. comme on l'apprendra de quelque « Calendrier, ou bien on prendra la déclinaison du So- « leil pour le même jour. Si l'on soustrait de 5963 le « quart de cette déclinaison réduite en minutes, il vien- « dra 5929 pour l'Exposant de la grandeur du flux & re- « flux observé de 17 pieds 6 pouces le 19 Mars 1745 dans « le Port dont il s'agit. «

15. Il faudra faire la même chose pour le 20 Juin « 1754. On trouvera le diamétre de la Lune de 31′ 42″, « celui du Soleil de 31′ 40″, & la déclinaison de la Lune « de 18 deg. 34 min. ce qui donnera 4438, 1267 & « 278 pour les trois produits : on ôtera le dernier de ces « nombres de la somme des deux premiers ; mais s'il s'a- « gissoit d'une quadrature, on ôteroit aussi le second nom- « bre. On aura 5427 pour l'Exposant, & ce sera le troisié- « me terme de la régle de Trois, dont le premier terme « sera 5929, & le second 17 pieds 6 pouces, hauteur de « la Marée observée. Enfin la régle de Trois étant faite, il « viendra un peu plus de 16 pieds pour la hauteur qu'aura « la Marée à la nouvelle Lune de Juin 1754. «

16. Le calcul ne sera guére moins exact, & on l'a- « brégera assez considérablement, en cherchant simple- « ment la différence des hauteurs des Marées. On verra « de combien augmentent ou diminuent depuis un tems « jusqu'à l'autre les diamétres apparens du Soleil & de la « Lune. On prendra avec les deux tiers du changement « que souffre le premier de ces diamétres, le double & « un tiers de la différence à laquelle est sujet le second, & « on prendra de plus le quart de la différence de la décli- «

» naiſon de la Lune. On regardera ces trois quantités » comme des nombres abſolus ; c'eſt-à-dire, qu'on ne con- » ſidérera pas que l'une eſt produite par des minutes, & » les autres par des ſecondes. On les ajoûtera enſuite en- » ſemble, ſi les trois changemens contribuent à agir dans » le même ſens, & on ſouſtraira au contraire celle de ces » quantités qui aura un effet oppoſé aux autres. On trou- » vera de cette ſorte l'Expoſant non pas de la hauteur de » la Marée, mais de la différence entre ſes hauteurs ; & » ce ſera le troiſiéme terme d'une régle de Trois à laquelle » on donnera toujours pour premier terme le nombre » 5700, & pour ſecond la hauteur de la Marée qu'on au- » ra obſervée.

17. » La ſeule choſe qui puiſſe embarraſſer dans l'ap- » plication de la Méthode précédente, c'eſt qu'il eſt quel- » quefois très-difficile dans pluſieurs Ports, de meſurer la » hauteur du flux & reflux de la Mer. Les hauteurs dont il » s'agit ici, ſont les quantités dont la ſurface de la Mer » eſt plus haute lorſque la Mer eſt pleine, que lorſqu'elle » eſt baſſe : Mais ſi la Mer en ſe retirant laiſſe la plage dé- » couverte, ſi le Port *aſſeiche*, on n'a plus le terme infé- » rieur au-deſſus duquel on doit commencer à compter » les hauteurs. Nous ne voyons point de parti plus ſimple » à prendre dans ce cas que d'obſerver deux grandes Ma- » rées éloignées l'une de l'autre d'un certain nombre de » Lunaiſons, ou de demies-Lunaiſons. On n'obſervera » que les pleines Mers, puiſque dans les baſſes Mers les » eaux ſe retirent trop loin. On cherchera enſuite l'Expo- » ſant du changement de hauteur qu'on comparera à la » différence qu'on aura obſervée, & tous les autres Expo- » ſans trouvés de la même maniére, donneront par le ſe- » cours d'une régle de Trois la quantité dont la Mer mon- » tera plus ou moins dans toutes les autres nouvelles ou » pleines Lunes. Si, par exemple, on a obſervé deux » grandes Marées ; que l'une ait été plus haute que l'au- » tre d'un pied 6 pouces, & que l'Expoſant de cette diffé-

rence soit de 502, on fera cette analogie ; 502 est à 1 pied «
6 pouces, comme tout autre Exposant sera à la diffé- «
rence de hauteurs pour les autres syzygies. On pourra «
choisir après cela les jours plus propres pour sortir du Port «
ou pour y entrer. »

CHAPITRE II.

Des Moyens qu'on emploie en Mer pour observer la hauteur des Astres.

I.

18. NOUS nous regarderons désormais comme en Mer, & nous insisterons d'abord sur les moyens d'observer la hauteur des Astres. Les Lecteurs sçavent déja que cette hauteur se mesure en arc de cercle depuis l'Horison jusqu'à l'Astre. Si *HSZ* (*Fig.* 3.) représente une partie du Ciel, que *Z* soit le Zénith, & que le point *H* appartienne à l'Horison, la hauteur de l'Astre *S* sera marquée par *HS*, & *SZ* en sera le complément. Ces deux quantités sont toujours ensemble 90 degrez ; parce qu'il y a le quart du cercle ou de la circonférence du Ciel depuis l'Horison jusqu'au Zénith. Les Lecteurs sçavent aussi que la quantité dont l'Astre est éloigné de nous, ne contribue point à augmenter sa hauteur, dans le sens qu'on attache en Astronomie à ce mot. Que l'Astre soit plus loin sur le prolongement de la ligne droite *CS*, ou qu'il soit plus près de nous, l'arc *HS* deviendra plus grand ou plus petit ; mais il ne contiendra toujours que le même nombre de degrez. Fig. 3.

19. On ne peut pas dans un Vaisseau, à cause de l'agitation continuelle de la Mer, employer de fil à plomb, ni d'instrument de l'espéce de celui de la *Figure* 3, pour

observer la hauteur des Aftres. Il eft plus aifé au Pilote de fe régler fur la ligne de niveau que fournit la féparation apparente de la Mer ou du Ciel, lorfqu'aucun obftacle ne borne fa vûe. Cette ligne conduite depuis l'œil de l'Obfervateur jufqu'à l'extrémité apparente de la Mer, n'eft pas parfaitement horifontale; elle panche un peu du côté de la Mer a caufe de l'élévation du Vaiffeau; mais cette inclinaifon n'eft pas grande, & d'ailleurs on peut en fçavoir l'exacte quantité.

II.

Defcription de l'Arbaleftrille.

20. Les Pilotes fe font fervi pendant très-long-tems & ils fe fervent encore actuellement de l'*Arbaleftrille*, qui eft un inftrument compofé de deux piéces principales, qui forment une efpéce de croix. L'une de ces piéces, qui eft ordinairement d'ébène ou de quelqu'autre bois dur, fe nomme la *Fléche*. C'eft un bâton quarré qui a deux pieds & demi ou trois pieds de longueur, lequel paffe perpendiculairement au travers de l'autre piéce qu'on nomme le *Marteau*, qui eft percée d'un trou quarré. La Fléche doit gliffer librement dans ce trou, mais ne doit pas y jouer; & il faut que les deux piéces faffent toujours des angles exactement droits, ce qui oblige de rendre le marteau beaucoup plus épais vers le milieu.

21. La Fléche eft graduée fur chacune de fes quatre faces; on voit fur chacune deux rangées de chiffres, l'une vient en augmentant vers le bout de la Fléche, qui eft plat, & qu'on nomme le *Bout de l'œil*, par la raifon qu'on verra dans un inftant. Cette rangée ou colomne de chiffres finit à 90 degrez, qui eft la plus grande hauteur, & l'autre colomne marque le complément ou les diftances de l'Aftre au Zénith. Celle-ci commence par zéro qui eft marqué vis-à-vis de 90 degrez de hauteur; on trouve 10 degrez de complément vis-à-vis de 80 degrez de hauteur;

20 degrez de complément vis-à-vis de 70, &c. La marche des deux rangées de chiffres se fait en sens contraire; il faut bien que cela soit ainsi, puisque l'Astre ne peut pas monter ou s'éloigner de l'Horison sans approcher du Zénith.

22. Chaque face de la Fléche ayant sa graduation particuliére, elle a aussi son marteau. On reconnoît le marteau qui appartient à chaque face, en voyant si la moitié de sa longueur est égale à la distance qu'il y a sur la Fléche depuis le bout de l'œil jusqu'à 90 degrez de hauteur ou zéro de complément. On doit toujours dans les observations préférer les plus grands marteaux; mais lorsque l'Astre est fort bas, il faut nécessairement avoir recours aux plus petits, comme les Lecteurs vont s'en convaincre.

Maniére de prendre Hauteur par devant avec l'Arbalestrille.

23. Après avoir choisi la face, & fait passer la Fléche dans le marteau, dont le plat doit être tourné vers le bout de l'œil, on applique l'œil à ce même bout, on se tourne vers l'Astre, & on éloigne ou on rapproche le marteau jusqu'à ce qu'on voye en même tems par son extrémité d'en-bas, l'Horison ou la séparation apparente de la Mer & du Ciel, & l'Astre par l'extrémité d'en-haut. Si c'est le Soleil qu'on observe, on tempére la vivacité de ses rayons, en se servant d'un verre coloré ou enfumé qu'on met devant l'œil. La hauteur de l'Astre se trouvera ensuite marquée sur la graduation de la Fléche, dans l'endroit où sera arrêté le marteau.

24. La *Figure 56* représente l'Arbalestrille entiérement disposée pour l'observation. La hauteur de l'Astre *S* est représentée par la grandeur de l'angle *SAH*: car la ligne *AH* marque ici le rayon visuel qui étant prolongé vers *H*, iroit se rendre à l'Horison. La hauteur est marquée en *E* sur une des deux rangées de chiffres, sur celle qui finit Fig. 56.

Fig. 56. en *F* par 90 degrez ; & on aura dans le même point *E* le complément de la hauteur ou la distance de l'Astre au Zénith, sur l'autre colomne ou celle qui commence par zéro. Si l'on jette les yeux sur la graduation d'une Fléche, on verra que les degrez y sont représentés par des espaces fort inégaux entr'eux ; mais malgré leurs inégalités, ils répondent exactement à des degrez égaux qui seroient marqués sur un arc de cercle qui auroit le point *A* pour centre, & qui seroit décrit entre les lignes *A S* & *A H*.

25. La méthode de prendre hauteur par devant, ou en se tournant vers l'Astre avec l'Arbalestrille, est si défectueuse qu'on ne doit jamais y avoir recours dans la pratique. L'observation pécheroit en excès sur la hauteur, & en défaut sur le complément : car la graduation de l'instrument suppose que la pointe de l'angle *S A H* se trouve exactement dans le point *A* ; & elle ne s'y trouve pas réellement, puisque l'œil est toujours un peu éloigné du bout de la Fléche. On est encore sujet à un autre inconvénient, & auquel il y a moins de reméde, lorsqu'on se sert de l'Arbalestrille, en observant la hauteur par devant ; on est obligé de viser en même tems à l'Horison & à l'Astre, quoique notre vûe n'ait pas assez d'étendue pour comprendre du même coup d'œil deux objets qui forment un grand angle, & pour les voir d'une maniére assez distincte.

Prendre Hauteur par derriére avec l'Arbalestrille.

26. On s'est donc trouvé dans la nécessité d'imaginer un autre moyen de se servir de l'Arbalestrille : on y a recours lorsque l'Astre qu'on observe, répand assez de lumiére pour que les corps qui y sont exposés, jettent de l'ombre. Après avoir choisi la face de la Fléche, on met le marteau à l'extrémité, au bout de l'œil, en faisant en sorte que le plat de ce marteau *C D* & le bout *A* de la Fléche

Fléche (*Figure* 57.) forment un plan exact. On paſſe après cela ſur la Fléche le plus petit des quatre marteaux *E* en le faiſant répondre à la même face que l'autre. Ce petit marteau qu'on nomme *Gabet*, eſt un peu différent des trois plus grands; il a une traverſe comme le repréſente la *Figure* 58. On tourne enſuite le dos à l'Aſtre; on viſe à l'Horiſon ou à la ſéparation apparente de la Mer & du Ciel par l'extrémité d'en-bas *D* du grand marteau, & par la traverſe du petit *E*; & on éloigne ou on approche ce petit marteau juſqu'à ce que ſa traverſe reçoive exactement l'ombre de l'extrémité ſupérieure *C* du grand marteau. Pourvû que ces deux choſes concourent parfaitement, que la traverſe du Gabet paroiſſe toucher l'Horiſon, & qu'elle reçoive l'ombre de l'extrémité ſupérieure *C* du grand marteau, on a la hauteur du Soleil dans l'endroit où eſt arrêté le petit marteau. Elle eſt marquée en *E* ſur la rangée de chiffres qui vient en augmentant juſqu'à 90 degrez vers le bout de l'œil, & on a le complément de la hauteur ou la diſtance de l'Aſtre au Zénith dans le même point *E* ſur l'autre rangée de chiffres qui ſe termine à zéro en *F*. Figure 57.

27. Si la hauteur du Soleil augmente, il arrivera que lorſque le Pilote viſera à l'Horiſon par la traverſe du petit marteau ou du Gabet, l'ombre du grand marteau ne tombera plus ſur la même traverſe, mais un peu plus bas; ainſi il faudra néceſſairement tirer le Gabet à ſoi; ce qui fera trouver un plus grand nombre de degrez pour la hauteur, & un moindre pour le complément.

28. On doit toujours être extrêmement attentif dans toutes les obſervations à ne pancher l'inſtrument ni vers la droite ni vers la gauche; puiſque la hauteur qu'on veut meſurer eſt l'élévation du Soleil priſe en arc de cercle, mais perpendiculairement à l'Horiſon. On a une facilité de plus lorſqu'on obſerve *par derriére* ou de la maniére qui eſt repréſentée dans la *Figure* 57. Pour peu qu'on inclinât le marteau dans l'un ou dans l'autre ſens, la traverſe

Figure. 57. du Gabet ne paroîtroit plus toucher parfaitement l'Horifon, ou les limites apparentes les plus éloignées de la Mer.

29. On ne manque auffi jamais de mettre une pinnule ou vifiére au bas du marteau en *D*, afin de s'affûrer qu'on ne place pas l'œil trop bas. Cette vifiére eft formée par un morceau de métail dont les deux extrémités font recourbées. Elles faififfent le bout du marteau; mais il refte une fente qui a la largeur d'une épingle.

Moyens de rendre l'ufage de l'Arbaleftrille beaucoup plus exact.

30. La vifiére dont nous venons de parler, eft toujours mal placée lorfqu'on fe conforme à l'ufage ordinaire: car l'extrémité d'en-bas du marteau forme un des bords de la fente; & fi cette fente a un tiers de ligne de hauteur, fon milieu fera trop bas d'un fixiéme de ligne; ce qui peut produire une erreur très-fenfible. Heureufement il eft facile de corriger ce défaut : on fera fimplement un petit trou dans un morceau de métail qu'on mettra en place comme on le fait ordinairement; & on fera une petite échancrure à l'extrémité du marteau vis-à-vis du petit trou. Mais il faudra faire quelque marque ou repaire qui indique la quantité précife dont il faudra enfoncer le petit morceau de métail. La *Figure 59* repréfente l'extrémité d'en-bas du marteau, & la pinnule qui n'eft pas encore placée.

31. L'Arbaleftrille eft encore fujette à un autre défaut très-confidérable. Les rayons du Soleil qui terminent l'ombre de l'extrémité *C* du marteau (*Fig. 57.*) & qui viennent tomber en *E*, ne partent pas du centre de l'Aftre. Car les rayons qui fortent de quelque point plus haut du Soleil, & qui razent le haut du marteau, viennent tomber plus bas fur la traverfe du Gabet, & effacent l'extrémité de l'ombre. D'un autre côté ce ne font pas tout-à-fait

les rayons qui partent du haut du bord du Soleil, qui terminent l'ombre; car ils ne répandent pas une lumiére assez vive lorsqu'ils sont seuls, pour que l'Observateur puisse la distinguer. Il suit de-là que, lorsqu'on se sert de l'Arbalestrille, comme on le fait actuellement, on n'observe ni le centre du Soleil, ni son bord supérieur; & à proprement parler, on ne sçait de quel point on prend la hauteur, tant l'observation est grossiére. Figure 57.

32. Il suffiroit, pour réparer tout le mal, de mettre une espéce de traverse au haut du marteau. Cette traverse s'étendroit un peu d'un côté & de l'autre; elle auroit 7 à 8 lignes de saillie, & 5 à 6 lignes dans l'autre sens, ou de haut en bas. Cette petite traverse seroit soudée à un morceau de cuivre qu'on feroit entrer sur le bout du marteau; & il y auroit quelque marque ou repaire pour servir de terme à l'enfoncement. La *Figure* 60 représente le bout d'en haut du marteau, avec la piéce de cuivre qui n'est pas encore mise en place. L'ombre de la traverse seroit reçue sur la traverse du Gabet, qu'il faudroit rendre plus grande qu'à l'ordinaire, afin de pouvoir tracer dessus, comme on l'a fait dans la *Figure* 58, les deux petits espaces à droit & à gauche qui doivent recevoir l'ombre. Ces espaces seroient réglés sur la grandeur de l'ombre: mais on pourroit les rendre un peu plus grands, sans que cela tirât à conséquence, pourvû qu'on les augmentât autant par en-haut que par en-bas, & que pendant l'observation on fît tomber l'ombre au milieu.

33. « L'Arbalestrille est très-facile à construire; elle coûte très-peu, & elle n'est pas embarrassante dans le transport. Si l'on adoptoit dans la Pratique les petites corrections que nous venons de proposer, cet instrument deviendroit d'un usage fort exact. On lui reproche quelquefois des défauts qui ne tirent pas à conséquence. Il ne faut pas que les marteaux se courbent; la pinnule que nous mettons en-bas du marteau, & la traverse que nous appliquons en-haut, doivent être placées avec préci-

Figure 57. » ſion, & ſe bien trouver dans le prolongement du plat » du marteau. Mais quant à la courbure de la Fléche, il » faudroit qu'elle allât fort loin pour rendre l'inſtrument » défectueux. Si la Fléche ſe courbe un peu vers le bas » par l'extrémité *B* (*Fig.* 57.) il ſemble qu'elle doit ren- » contrer un peu plus loin les rayons *SCE* de l'Aſtre, » mais d'un autre côté elle rencontrera un peu plutôt la » ligne droite *DH* tirée de l'œil de l'Obſervateur à l'Ho- » riſon; ce qui corrige preſqu'entiérement l'autre défaut.

Méthode de ſe ſervir de l'Arbaleſtrille à terre pour avoir la hauteur du Soleil.

34. » Lorſqu'on veut obſerver à terre la hauteur du So- » leil en ſe ſervant de l'Arbaleſtrille, & qu'on n'a pas la » liberté de voir l'Horiſon du côté oppoſé, on peut em- » ployer le moyen ſuivant. On diſpoſera un des grands » marteaux & le Gabet, comme ſi on vouloit prendre » hauteur par derriére; on ſuſpendra enſuite l'inſtrument
Fig. 61. » par le bout de l'œil, comme le repréſente la *Figure* 61; » & on fera monter ou deſcendre le Gabet juſqu'à ce que » ſa traverſe reçoive exactement l'ombre de la petite tra- » verſe appliquée à l'extrémité *C* du grand marteau. Com- » me la peſanteur des traverſes peut empêcher la Fléche » de ſe mettre exactement à plomb, on peut mettre un » petit contrepoids vers *D*, & on vérifiera avant l'obſer- » vation, la ſituation de la Fléche, en mettant à côté un » fil chargé d'un plomb. Enfin le Gabet étant bien placé, » on aura en *E* ſur la colomne des 90 degrez, non pas » la hauteur, mais le double de la diſtance de l'Aſtre » au Zénith. Si l'on trouve en *E*, par exemple, 54 de- » grez 30 min. ce ſera une marque que l'angle *CED* » eſt de ce nombre de degrez. La moitié 27 deg. 15 min. » ſera l'angle *SEZ*, diſtance du Soleil au Zénith; & » prenant le reſte à 90 degrez, on aura 62 deg. 45 min. » pour la hauteur.

Méthode de graduer la Fléche.

35. Nous pouvons imaginer très-aiſément la méthode « de graduer la Fléche, en conſidérant la maniére dont « on ſe ſert de cet inſtrument lorſqu'on obſerve par derrié- « re. L'angle *CED* (*Fig.* 57.) exprime la hauteur du So- « Fig. 57. leil, & cet angle eſt partagé par la moitié par la Flé- « che : c'eſt-à-dire, que l'angle *A E C* eſt égal à la moi- « tié de la hauteur. Mais dans le triangle *C A E* qui eſt « rectangle en *A*, l'angle en *C* eſt le complément de l'an- « gle *E* : ainſi l'angle en *C* eſt le complément de la moi- « tié de la hauteur ; & il ſuit de-là, que ſi on nous pro- « poſe de trouver le point *E* où nous devons marquer un « certain nombre de degrez de hauteur, nous n'avons qu'à « prendre la moitié de ce nombre, prendre le complé- « ment de cette moitié, & faiſant enſuite l'angle *A C E* « égal à ce complement, la ligne *C E* viendra rencon- « trer la Fléche dans le point requis *E*. «

36. S'il s'agit, par exemple, de trouver le point *E* où « on doit marquer 25 degrez de hauteur, je dis : La moitié « de 25 deg. eſt 12^{d}. 30^{m}. pour la valeur de l'angle *A E C*. « Mais ſi on veut que l'angle *A E C* ſoit effectivement de « 12^{d}. 30^{m}. il faut que l'angle *A C E* ſoit de 77^{d}. 30^{m}. Je « fais donc l'angle *A C E* de ce dernier nombre de degrez, « & la ligne *C E* viendra me marquer le point *E* de 25^{d}. «

37. Cette opération ſe peut faire aiſément en tirant « ſur une table une ligne droite *A C*, aſſez longue pour « repréſenter la Fléche (*Fig.* 62.). On élève une perpen- « Fig. 62. diculaire *A C* à l'extrémité *A*, qui repréſente le bout de « l'œil, & on fait cette perpendiculaire égale à la moi- « tié du marteau : on décrit enſuite du point *C* comme « centre, un quart de cercle *A G* qu'on diviſe en degrez, « en commençant au point *A*. S'il s'agit après cela de « marquer ſur la Fléche le point *E*, par exemple, de 40 « deg., on tire une ligne droite *C E* par le point *F* de 70^{d}. «

Figure 62. » du quart de cercle ; parce que 70 degrez eſt le complé-
» ment de 20 degrez moitié de 40. Si on veut de même
» trouver le point *H* où tombe 80 degrez de hauteur, il
» faut que l'angle *CHA* ſoit de 40 degrez, & ce dernier
» ne peut ſe trouver de ce nombre de degrez, que lorſ-
» que l'angle *ACH* eſt de 50. Ainſi en tirant la ligne *CH*
» par 50 degrez du quart de cercle, on aura le point *H*
» de 80 degrez. L'opération ſera beaucoup plus exacte ſi
» l'on rend le quart de cercle plus grand, ſi on le fait, par
» exemple, de la grandeur repréſentée par *MN*, en lui
» donnant toujours le même point *C* pour centre. La ligne
» *A B* étant diviſée en degrez, il n'y aura plus enſuite qu'à
» tranſporter tous ſes intervalles ſur la Fléche même.

Méthode plus exacte de graduer la Fléche.

38. » On graduera la Fléche encore plus exactement
» avec le ſecours des Tables des Tangentes, après avoir
» fait une échelle de même longueur que la moitié du
» marteau, qu'on pourra ſe contenter de diviſer en 1000
» parties égales. Lorſqu'on prend la moitié *A C* du mar-
» teau pour rayon ou Sinus total, les diſtances comme
» *A E* du bout de l'œil *A* à chaque point comme *E* de la
» graduation de la Fléche, ſont les Tangentes de com-
» plément de la moitié des hauteurs. Ainſi ſi on parta-
» geoit la moitié *AC* du marteau en cent mille parties éga-
» les, il n'y auroit aucune réduction à faire aux Tangen-
» tes des Tables : il ſuffiroit de prendre la moitié de cha-
» que nombre de degrez de hauteur, de prendre le com-
» plément de cette moitié ; & cherchant dans les Tables
» la Tangente de ce complément, on auroit le nombre
» de parties égales qu'il faudroit porter depuis le bout de
» l'œil juſqu'à chaque point *E* de la graduation.

39. » Il ſuffit dans la Pratique, de diviſer la moitié du
» marteau en 1000 parties égales ; mais pour opérer avec
» plus de préciſion, on fera une échelle de dixmes, ſembla-

ble à celle qui eſt au bas de notre troiſiéme Planche: il en « Figure 62.
faudra même quatre, à cauſe de la différente grandeur «
des quatre marteaux. L'échelle de 1000 parties étant faite, «
ſi on veut marquer le point de 40 degrez, je cherche la «
Tangente de 70; parce que ce nombre eſt le complé- «
ment de 20 qui eſt la moitié de 40. Je trouve dans la «
Table qui eſt à la fin du premier Livre, 274748 pour «
la Tangente de 70 degrez; mais il faut en retrancher «
deux figures du côté droit, parce que nous n'avons di- «
viſé la moitié du marteau qu'en 1000 parties. Il vient «
donc 2747 parties preſque & demie; je dis preſque & «
demie, parce que les deux chiffres retranchés ne diffé- «
rent guére de 50. Si ces mêmes chiffres étoient 25 «
ou 75, ils marqueroient un quart ou trois quarts à pro- «
portion de 100. Il faut ſelon cela porter deux fois le long «
de la Fléche, à commencer du bout de l'œil, la lon- «
gueur de la moitié du marteau; ce qui fera 2000 parties, «
& en mettant de plus 747 parties, on aura le point où «
il faut marquer 40 degrez. «

40. Si on veut trouver le point de 45 degrez: la moi- «
tié de ce nombre eſt 22 ^{d}. 30 ^{m}. dont le complément eſt «
67 ^{d}. 30 ^{m}. Je cherche la Tangente de ce dernier nom- «
bre; & retranchant deux figures à droite, il me vient «
2414. Ainſi il faut porter ſur la Fléche le double de la «
longueur de l'échelle pour avoir 2000, & mettre de «
plus 414 parties; ce qui donnera le point requis de 45 «
degrez. »

III.

De la Conſtruction & de l'Uſage du Quartier Anglois.

41. On ſe ſert beaucoup plus d'un autre inſtrument qui n'eſt propre qu'à prendre hauteur par derriére, & qu'on nomme Quartier Anglois. Cet inſtrument n'eſt autre choſe qu'un quart de cercle, mais formé de deux arcs de rayons

différens, afin de rendre l'inſtrument moins embarraſſant & plus ſolide. Un de ces arcs eſt d'environ 60 degrez, & l'autre dont le rayon eſt le plus grand, contient le reſte
Figure 63. à 90. La *Figure 63* repréſente cet inſtrument : la forme qu'on lui donne pour rendre ſon aſſemblage plus fort, n'empêche pas que les deux arcs *FG* & *ED* n'aient également leur centre en *C* : le premier de ces arcs qui n'a que 8 à 9 pouces de rayon, n'eſt ordinairement diviſé que de degré en degré. L'arc *E D* dans lequel les degrez ſont plus grands, parce qu'il eſt d'un rayon de 18 à 20 pouces, eſt ſouvent diviſé de 10 minutes en 10 minutes ; & il y a des lignes obliques ou tranſverſales, qui rendent chaque minute ſenſible.

42. L'uſage de cet inſtrument eſt très-facile. On met d'abord ſur un nombre de degré exact, comme en *B*, une eſpéce de pinnule ou de petit marteau, qu'on peut faire gliſſer le long de l'arc *F G*. On tourne le dos vers le Soleil ; on fait tomber l'ombre du marteau *B* ſur le marteau *C*, qui eſt au centre, & enſuite on applique l'œil à la pinnule *A*, & on la fait monter ou deſcendre ſur l'arc *E D*, juſqu'à ce qu'on voye exactement l'Horiſon par cette pinnule & par une fente ou ouverture qui eſt vers le milieu du marteau *C*.

43. Si au lieu de voir l'Horiſon, on ne voyoit que la Mer, ce ſeroit une marque que le rayon viſuel *A C* ſeroit trop plongeant, & il faudroit baiſſer la pinnule *A*. Si au contraire on ne voyoit que le Ciel par la pinnule *A*, & par la fente du marteau *C*, le rayon viſuel *A C* étant pointé trop haut, il faudroit néceſſairement faire gliſſer la pinnule *A* en montant vers *E*. Mais ſi les deux conditions ſont parfaitement remplies ; ſi l'ombre de la pinnule *B* tombe avec préciſion ſur le centre de l'inſtrument, & ſi on voit en même tems l'Horiſon par la pinnule *A* & par le centre *C*, on aura la hauteur du Soleil meſurée en deux parties, & en-dedans des deux marteaux *A* & *B*. On verra combien il y a de degrez depuis *F* juſqu'en *B*, &

combien

combien il y en a depuis *E* jusqu'en *A* : la somme des deux nombres donnera la hauteur. S'il y a, par exemple, 35 degrez depuis *F* jusqu'en *B*, & 15 deg. 12 min. depuis *E* jusqu'en *A*, la hauteur sera de 50 deg. 12 min. & on en aura le complément en voyant les deux nombres qui sont en-dehors des mêmes marteaux, depuis *B* jusqu'en *G*, & depuis *A* jusqu'en *D*. Fig. 63.

44. Il est bien clair que cet instrument doit produire à peu près le même effet, que si l'arc *D E* étoit prolongé vers le haut, & s'il mesuroit seul l'angle *S C A*, que forme le rayon du Soleil avec la ligne de niveau *A H*. Cependant l'observation seroit plus exacte dans ce second cas ; car la hauteur entiére seroit mesurée avec une égale exactitude ; au lieu que s'il y en a une portion *A E* qui est mesurée avec précision, l'autre portion *F B* doit se ressentir de la petitesse des degrez de l'arc *F G*. Je suis très-persuadé qu'il y auroit à gagner du côté de l'exactitude, si l'on donnoit à l'instrument une grandeur moyenne entre celle des deux arcs.

45. Le marteau *B* est ordinairement muni d'un petit verre ardent qui réunissant les rayons du Soleil dans un point, rend plus sensible sur le marteau *C* du centre la lumiére de cet Astre, lorsque le Ciel couvert de nuages est moins propre à l'observation. Mais il faut bien prendre garde à la situation du petit verre ardent ; car il peut détourner le rayon du Soleil & jetter le Pilote dans une erreur très-considérable, comme je l'ai remarqué en examinant quelques-uns de ces instrumens. Je voudrois pour qu'il n'y eût rien à craindre, que ce petit verre ardent ne fût jamais placé sur le bord du marteau, mais qu'il fût toujours engagé dans le milieu, comme le représente la *Figure* 64. Je diminuerois en même tems, le plus qu'il seroit possible, la grandeur du marteau, afin de pouvoir plus aisément marquer la place de son ombre sur le marteau *C* du centre. Lorsque le Soleil seroit parfaitement découvert, on verroit si le petit point lumineux tombe exacte-

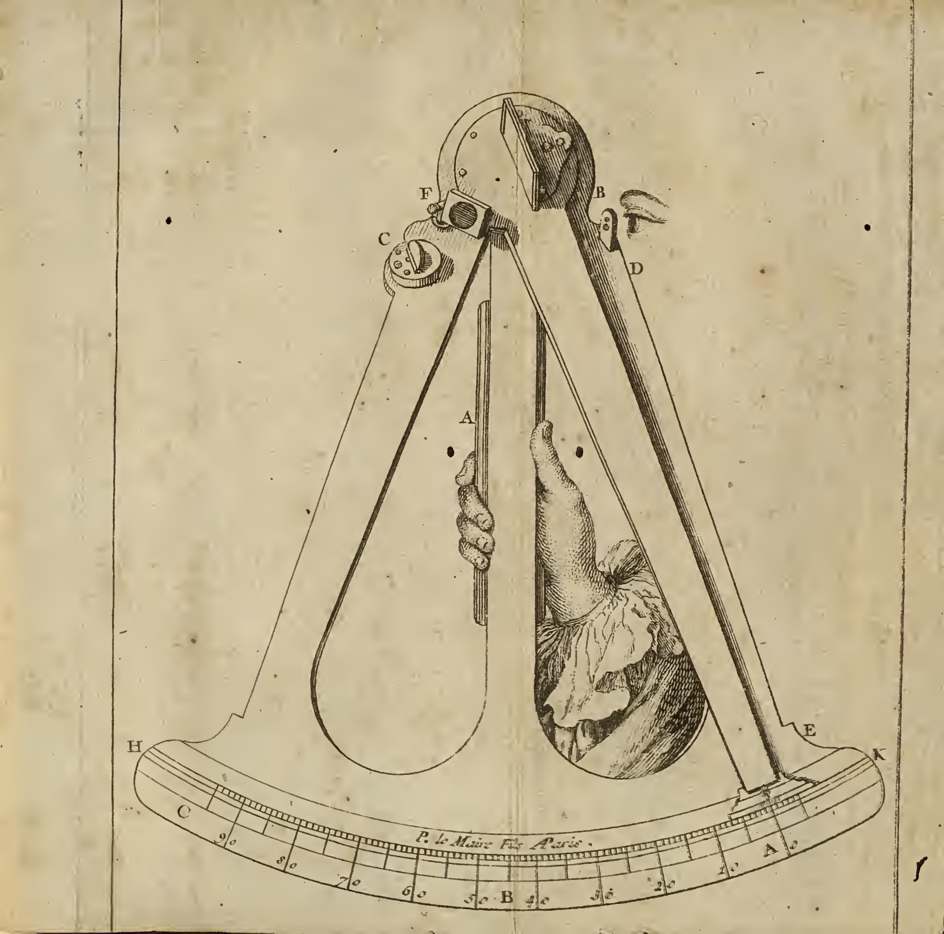
ment au milieu de l'ombre, ou au milieu de l'espace qui lui seroit assigné sur le marteau du centre. On pourroit, en répétant cette expérience presque journellement, se servir avec plus de sûreté du petit point lumineux dans les observations faites de mauvais tems, & lorsque l'ombre ne seroit pas sensible.

I V.

De la Construction & de l'Usage de l'Octans Anglois.

46. On a imaginé en Angleterre un nouvel Instrument incomparablement plus parfait que ceux dont nous venons de parler. Feu M. Hadley le proposa à la Société Royale de Londres en 1731; l'usage s'en est déja introduit en France, & il seroit à propos qu'il fût encore plus commun: car cet Instrument peut donner les hauteurs des Astres à moins d'une minute d'erreur, comme je m'en suis assûré plusieurs fois. C'est une simple portion de cercle de 45 degrez: on le nomme *Octans*, parce qu'il est la huitiéme partie de la circonférence, mais il est divisé en 90 parties, & il est équivalent à un quart de cercle, à cause de la propriété commune aux miroirs qu'on fait entrer dans sa construction.

47. Tout le monde sçait au moins d'une maniére confuse, qu'un rayon de lumiére qui tombe obliquement sur un miroir parfaitement plan, rejaillit du côté opposé, & fait, avec la surface du miroir en s'éloignant, un angle exactement égal à celui qu'il faisoit en frappant le miroir. Fig. 65. Si *AB* (*Fig. 65.*) est une plaque de métail parfaitement unie, ou si c'est une glace étamée, & qu'un rayon de lumiére *SC* la frappe en faisant un angle *SCA*, qui soit, par exemple, de 20 deg. 1 min. ce même rayon rejaillira ou se réflechira selon *CL*, & l'angle *BCL* sera aussi précisément de 20 deg. 1 min. La direction *CL* que suit le rayon de lumiére dans sa réflexion, sera toujours située exacte-


F
B
C
D
A
H
E
K
C
P. le Maire Fils A Paris.
9o
8o
7o
6o
5o
B
4o
3o
2o
1o
A
o

ment par rapport au miroir & par rapport à la perpendiculaire *C E*, de la même maniére qu'eſt ſitué le rayon incident qui frappe le miroir ſelon *S C*. Tout ce qu'il y a de différence, c'eſt que ces deux directions *S C* & *C L* ſont ſituées des deux côtés oppoſés de la perpendiculaire *C E*. Le rayon *S C* ſe réfléchit ſelon *CL*, & un rayon qui viendroit frapper le miroir ſelon *L C*, ſe réfléchiroit ſelon *C S*. Ainſi la lumiére, quoique ſujette à un détour, trace exactement le même chemin, ſoit qu'elle aille dans un ſens, ou qu'elle aille dans le ſens contraire. Fig. 65.

48. Il ſuit de tout ce que nous venons de dire, que ſi l'on change le miroir de ſituation, pendant que le corps lumineux *S* reſte dans le même endroit, le rayon *C L* qui eſt renvoyé par le miroir, recevra dans ſa direction un changement double du changement de ſituation du miroir. Si on abaiſſe l'extrémité *A* en élevant l'extrémité *B*, & que la perpendiculaire *CE* au miroir faſſe avec *S C* un angle *S C E* plus petit d'un degré, le rayon de réflexion *C L* changera auſſi de ſituation : il fera avec *C E* un angle *E C L* plus petit d'un degré, & par conſéquent l'angle total *S C L* aura diminué de deux degrez. Ce ſera la même choſe ſi on fait tourner le miroir dans un autre ſens, ſi on abaiſſe l'extrémité *B*, & qu'on éléve l'extrémité *A* : la perpendiculaire *C E* s'écartera du rayon incident *S C*; mais comme *C L* doit auſſi s'écarter de *C E*, parce que les deux angles de part & d'autre de la perpendiculaire doivent toujours être parfaitement égaux, il s'enſuivra que l'angle *S C L* formé par le rayon qui ſe réfléchit, & par celui qui frappe le miroir, ſe trouvera plus grand, & que l'augmentation qu'il recevra, ſera de 10 ou 12 degrez, ſi le miroir a ſimplement été incliné de 5 ou 6 degrez vers *B*.

49. Cela ſuppoſé, nous pouvons faire concevoir fort aiſément la conſtruction & l'uſage du nouvel Octans Anglois. La *Figure 66* repréſente cet Inſtrument qui a 18 ou 20 pouces de rayon. Il y a ſur le côté *CB* de cet Inſtrument une pinnule *O* à laquelle on applique l'œil. Un petit Fig. 66.

Fig. 66. miroir de glace *I F* est posé sur le côté opposé *C A*, & situé perpendiculairement au plan de l'Instrument. Cette petite glace n'est étamée que dans la partie la plus voisine du côté *C A*, & l'autre moitié est sans étain ; ce qui donne la facilité, lorsqu'on applique l'œil en *O*, de voir l'Horison au travers de cette partie de la glace, en visant selon *O H*. Le Pilote peut, outre cela, voir en même tems l'Horison sur la partie étamée, ou sur le miroir, parce qu'il y a une allidade ou régle mobile *C D*, qui tourne autour du centre *C*, & qui porte un autre miroir *L G*, qui doit être de métail, & qui est parallele au miroir *I F*, lorsque la régle mobile est située sur le premier point de la graduation, comme elle l'est dans la *Fig. 66.* Pendant que l'Instrument est ainsi disposé, l'Horison qui se peint sur le miroir *L G*, se peint une seconde fois sur le miroir *I F*, le premier miroir renvoyant l'image au second; & de cette sorte le Pilote voit comme deux Horisons, exactement à côté l'un de l'autre, & ne formant qu'une seule ligne. Il voit directement l'un selon *O H* par la partie de la glace *I F* qui est transparente, & il voit l'autre sur la partie étamée; les rayons de lumiére ayant fait le chemin *K M N O* pour parvenir à son œil. Malgré le double détour des rayons selon *K M N O*, l'œil est frappé précisément de la même maniére que si ces rayons ne venoient que du point *N*, & on doit donc rapporter la seconde image à ce même point.

50. Si l'allidade ou la régle mobile *CD* se trouve effectivement sur le premier point *D* des divisions de l'Instrument, lorsque le Pilote voit les deux Horisons convenir, c'est une marque que les deux miroirs, le petit *I F* & le plus grand *L G* sont bien disposés. Ces deux miroirs sont alors exactement paralleles; car les deux lignes *K M* & *HO* vont se rencontrer si loin, qu'on peut les confondre ou négliger la petite quantité dont l'une est au-dessus de l'autre proche de l'Instrument, & elles sont également inclinées par rapport aux deux miroirs. La grande perfe-

ction de l'Inſtrument eſt cauſe qu'on s'apperçoit de la moindre irrégularité dans leur ſituation. Souvent lorſqu'on viſera à l'Horiſon par la ligne *O H*, & qu'on changera la ſituation de la régle mobile juſqu'à ce que l'image de l'Horiſon qu'on voit dans le petit miroir *I F*, réponde à l'Horiſon vû directement par *O H*, la régle mobile ne ſe trouvera pas en *D* ſur le point *Zéro* des diviſions, & alors il faudra corriger l'erreur, ou bien il faudra en tenir compte. Fig. 66.

51. Il ſuffit de toucher aux ſupports des miroirs pour les redreſſer; mais on pourra, ſi on veut, les laiſſer dans l'état où ils ſe trouvent, en ſe contentant de voir quel eſt l'effet que leur mauvaiſe ſituation doit produire ſur l'obſervation de la hauteur. Si la régle mobile marque 2 ou 3 minutes, lorſqu'elle devroit marquer zéro, il n'y aura qu'à ſe reſſouvenir que l'Inſtrument *donne trop*, & il ſuffira enſuite d'ôter 2 ou 3 minutes de toutes les hauteurs qu'il fournira. Si au contraire la régle mobile ſe trouve en dehors des diviſions, ſi elle marque 2 ou 3 minutes en ſens contraire vers *B*, lorſque l'Horiſon vû directement ſelon *O H*, & l'Horiſon vû par une double réflexion, conviennent parfaitement, & lorſque l'allidade devroit donc marquer zéro, il faudra ſe reſſouvenir que l'Inſtrument *donne trop peu*, & dans ce cas il faudra ajoûter 2 ou 3 minutes à toutes les hauteurs qu'on obſervera, pendant que l'Inſtrument ſera dans ce même état. On doit remarquer que chaque fois qu'on obſerve, il faut avoir recours à cet examen préparatoire, ou à cette *vérification*, qui eſt abſolument néceſſaire; mais qu'on peut également faire après ou avant l'obſervation.

Obſerver la Hauteur par devant avec l'Octans Anglois.

52. Si nous continuons à viſer à l'Horiſon par la ligne *O H*, & que tenant l'Inſtrument toujours droit, nous

Fig. 66. faſſions gliſſer l'extrémité inférieure *D* de l'allidade d'une certaine quantité vers *A*; la perpendiculaire *M E* au miroir de métail *LG* qui eſt attaché fermement à l'allidade, s'élevera par l'extrémité *E* de la même quantité. Le rayon *NO* ne changeant pas de ſituation, non plus que le petit miroir *IF*, la petite portion du rayon *NM* conſervera auſſi ſa même direction. Mais ſi l'allidade a été avancée réellement vers *A* de 20 degrez, la ligne *M E* s'élevera auſſi de 20 degrez, l'angle *NME* deviendra plus grand du même nombre; & comme l'angle *EMK* augmentera de la même quantité, la ligne *KM*, au lieu d'être horiſontale, comme elle l'étoit dans la premiere diſpoſition de l'allidade, ſe trouvera élevée de 40 degrez vers *K*, ou du double du changement qu'on aura fait ſouffrir à l'allidade. Ainſi ſi un Aſtre ſe trouve dans le Ciel à 40 degrez de hauteur, il fera impreſſion ſur l'œil par la ligne *KMNO*, & on le verra ſur le petit miroir *IF* préciſément à côté de Horiſon qu'on voit par la ligne *O H* au travers de la partie tranſparente de la petite glace *IF*. L'Aſtre aura 40 degrez de hauteur, & cependant on n'aura fait avancer l'allidade ou la régle mobile que de 20 degrez vers *A*. Voilà pourquoi on donne une double valeur aux parties de l'arc *AB*, & qu'on le diviſe en 90 degrez, quoiqu'il n'en contienne réellement que 45.

Fig. 67. 53. La *Figure* 67 repréſente l'Inſtrument, lorſque le Pilote obſerve la hauteur de l'Aſtre *S* vers lequel il faut qu'il ſe tourne. Pendant que l'allidade étoit ſur le premier point de la graduation, on ne voyoit que l'Horiſon au travers de la glace *IF*, & dans le petit miroir. On y viſoit par la ligne *O H*, & les deux miroirs *IF* & *L G* le faiſant voir une ſeconde fois par la ligne *KMNO*, on le raportoit au point *O* à côté de l'Horiſon vû en ligne droite. Mais à meſure qu'on a éloigné le bas de l'allidade du point *B*, la ligne *MK* eſt allé frapper différens endroits du Ciel, & elle les a fait comme deſcendre ſucceſſivement, puiſqu'ils ont paru chacun à leur tour en *N* dans le petit

miroir *IF*. Si on obſerve le Soleil, on voit d'abord la partie inférieure de cet Aſtre ; on pouſſe l'allidade encore un peu plus loin, la ligne *MK* s'élève un peu davantage, & elle va rencontrer le centre de cet Aſtre : on voit enſuite ce point préciſément de niveau avec l'Horiſon qu'on découvre par la ligne *OH*, & on a alors la hauteur du centre du Soleil, qui eſt marquée depuis *B* juſqu'en *D*, & le complément ſe trouve depuis *A* juſqu'en *D*. Fig. 67.

54. L'obſervation ſe fait d'autant plus aiſément, qu'il ſuffit de faire concourir le centre de l'Aſtre avec l'Horiſon, ſans qu'il importe qu'on voye ces deux objets par un point un peu plus haut ou un peu plus bas de la glace *IF*. Ce n'eſt pas la même choſe lorſqu'on ſe ſert de l'Arbaleſtrille, ou des autres inſtrumens de la même eſpéce. Car il ne ſuffit pas de faire concourir l'Horiſon avec le rayon du Soleil, ou avec l'ombre de quelque pinnule, il faut encore que le concours de ces deux choſes ſe faſſe dans un point précis de l'inſtrument ; & c'eſt ce que le mouvement du vaiſſeau rend quelquefois très-difficile. Il eſt vrai que pendant que le Pilote travaille à ſe tenir debout, & qu'il prend différentes attitudes pour ne pas tomber, il fait auſſi tout ce qu'il faut pour faire réuſſir ſon obſervation. Cet avantage eſt commun à l'Arbaleſtrille & à tous les autres inſtrumens qu'on tient aſſujettis contre l'œil, & qu'on ajuſte, en viſant à l'Horiſon que fournit la Mer. Mais l'obſervation eſt incomparablement moins pénible avec le nouvel Octans Anglois, puiſqu'on eſt délivré abſolument de la peine de faire convenir les deux rayons dans un point déterminé, pourvû qu'ils conviennent enſemble. Enfin l'obſervation, ſi elle eſt faite avec ſoin, ſera de la plus grande exactitude. On choiſit le point du Soleil dont on veut avoir la hauteur. Si l'Aſtre monte encore, il paroît monter dans le petit miroir *IF*, en ſe détachant de l'Horiſon ; mais il ſuffit de faire avancer l'allidade vers le côté *A*, l'Aſtre ſe remettra ſur l'Horiſon, & la ſituation de l'allidade indiquera en *D* la hauteur dans

Fig. 67. ce fecond inftant. Nous ne répétons pas qu'il faudra appliquer à cette hauteur la petite correction dont nous avons parlé dans les Numéros 50 & 51.

55. On attache vers *P* quelques morceaux de verre coloré, qui étant renfermés dans un quadre tiennent à l'inftrument par un petit bras qui a un jeu de charniere. Si l'on veut obferver le Soleil, & que l'éclat de cet Aftre foit trop grand, on fait tomber ces verres colorés fur le chemin *MN*, que fuivent les rayons, en allant d'un miroir à l'autre.

Prendre Hauteur par derriére avec l'Octans Anglois.

56. Il n'a été queftion jufqu'à préfent que de la maniére de prendre hauteur par devant; mais fi l'Horifon étoit couvert au-deffous de l'Aftre, ou s'il étoit embarraffé par une terre dont on fût à très-peu de diftance, il faudroit prendre hauteur *par derriere*, en tournant le dos à l'Aftre; & l'inftrument pourra encore fervir, s'il eft du nombre de ceux qui font les plus compofés. Il y a alors une pinnule
Figure 68. *V*, (*Fig.* 68.) attachée au côté *CA*, & on y applique l'œil lorfqu'on veut prendre hauteur par derriére. Un petit morceau de glace, dont il n'y a qu'une moitié qui doit être étamée, comme dans le morceau de glace *IF* de la Figure 67, eft placé en *RQ*, non pas dans une fituation parallele, mais dans une fituation perpendiculaire à celle que prend le miroir de métail *LG*, lorfque l'allidade *CD* répond au premier point de la graduation. On vife à l'Horifon par la ligne *VH*, au travers de la partie tranfparente du miroir de glace *RQ*, & on tire l'allidade *CD* à foi, jufqu'à ce que l'Aftre dont les rayons de lumiére fuivent le chemin *SMTV* fe peigne fur le miroir *RQ*, & réponde exactement en *T*, à côté de l'Horifon. On aura enfuite la hauteur depuis *B* jufqu'en *D*, comme dans l'autre maniére d'obferver, & le complément depuis *D* jufqu'en *A*.

57.

57. La *vérification* de l'instrument se fait aussi à peu près comme dans l'autre observation ; mais elle est un peu plus difficile. Lorsqu'on approche l'allidade *D* du premier point *B* des divisions, la ligne *MK* va rencontrer des points du Ciel moins élevés : elle descend par son extrêmité *K* ; & lorsque l'allidade est arrivée en *B*, il faut que cette ligne *MK* soit devenue parfaitement horisontale, & qu'elle aille se terminer exactement à l'Horison derriére l'Observateur, en passant par-dessus sa tête. Ainsi on voit alors les deux points opposés de l'Horison réunis en même tems en *T*, supposé que l'instrument ne soit sujet à aucune erreur : on voit l'Horison par la ligne droite *VTH*, & le côté opposé par la ligne *VTMK*, qui se détourne en *M* & en *T* à la rencontre des deux miroirs. Cette seconde image est renversée, c'est-à-dire, que la Mer paroît enhaut, & le Ciel en bas ; & c'est la même chose lorsqu'on observe l'Astre, son bord supérieur en apparence est réellement le bord inférieur. Ce renversement des objets est produit par la situation qu'ont les deux miroirs l'un par rapport à l'autre. Pour revenir à l'opération de la vérification, nous ferons remarquer que si les deux points de l'Horison qu'on découvre, étoient exactement à l'opposite l'un de l'autre & sur la même ligne droite qui passe par l'œil de l'Observateur, il faudroit, lorsqu'on les voit dans le même point *T*, que l'allidade marquât exactement *zéro* sur la graduation. Mais les deux lignes tirées de l'observateur aux deux points opposés de l'Horison, ne forment pas ensemble une seule ligne droite, & elles sont chacune inclinées de la même quantité, comme nous aurons occasion de le faire voir d'une maniére plus particuliére dans un moment. Lorsqu'on voit donc les deux Horisons réunis dans un même point *T*, il ne faut pas, pour que l'Octans soit bien disposé, que l'allidade marque *zéro* sur les divisions, mais qu'elle se trouve reculée vers *B* du double de l'inclinaison de l'Horison. Fig. 68.

58. Supposé qu'on soit élevé de 15 pieds quelques

Fig. 68. pouces au-dessus du niveau de la Mer, l'Horison sera incliné de 4 minutes; ainsi pour que les miroirs soient bien situés, il faudra que l'allidade marque 8 min. vers *B*, ou au-dessous de *zéro*. Si elle ne marquoit pas tout-à-fait cette quantité, ce seroit une preuve que l'instrument augmente un peu les hauteurs, ou qu'il *donne trop*. Il donneroit trop, par exemple, de 3 minutes, si pendant la vérification, l'allidade ne marquoit que 5 minutes au-dessous de zéro, au lieu de marquer 8. Si au contraire l'allidade se trouve arrêtée sur 9 ou 10 min. l'instrument diminue trop les hauteurs, & il donne *trop peu* de 1 ou de 2 min. C'est effectivement diminuer trop les hauteurs, que de faire paroître un objet encore plus bas qu'il ne l'est réellement. L'erreur une fois trouvée est la même dans toutes les autres observations, quoique l'objet soit plus ou moins haut, pourvû que l'instrument ne change point d'état, ou qu'on n'y touche qu'avec précaution.

59. Il ne sera peut-être pas inutile d'expliquer ici pourquoi les petits miroirs *IF* & *QR* (*Fig.* 67 & 68.) peuvent être faits de glace, au lieu que le grand miroir *L G* doit être de métail. Les petits miroirs sont sujets à donner une double image à cause de leurs doubles surfaces, celle de dessus & l'autre qui est étamée; mais il n'en résulte aucun inconvénient sensible, parce que ces petits miroirs ont toujours exactement la même situation par rapport aux rayons de lumiére dans toutes les observations. Quant au miroir *L G*, il faut qu'il soit plus grand, & qu'outre cela il soit de métail. Ce miroir doit être plus grand, parce que le point *M*, où se fait la réflexion, change de place, lorsqu'on donne une situation différente à l'allidade, à moins qu'on ne mette ce miroir plus haut & tout-à-fait au centre *C*. De plus, ce même miroir doit être de métail, parce qu'il est rencontré par les rayons sous différentes obliquités, & que s'il étoit de glace, les deux images se troubleroient, & se troubleroient tantôt plus & tantôt moins. Je n'ai pas remarqué que quoique de métail, il se

gâtât aiſément à l'air ; l'alliage dont il eſt formé le garantit des altérations que quelques perſonnes nous faiſoient craindre mal-à-propos. La perfection de l'inſtrument dépend preſque entiérement de ce miroir, qui doit être parfaitement plan. Il faut auſſi que l'allidade ne ſouffre abſolument aucun jeu en tournant ſur le centre *C*. On joint aſſez ſouvent des lunettes à ces Octans, on les met à la place des pinnules, & on peut en retirer une aſſez grande utilité. Cependant elles ne ſervent guère qu'à corriger les défauts particuliers de la vûe de l'Obſervateur ; ce qu'on peut faire preſque auſſi facilement, en mettant un verre accommodé à la conſtitution de ſes yeux au-devant de la pinnule *O*, ou de la pinnule *V*. Fig. 67. & 68.

De la Graduation des Inſtrumens ſelon la Méthode de Nonius.

60. Enfin il reſte encore à dire un mot d'une eſpéce particuliére de graduation, qui eſt employée ſouvent dans les inſtrumens Anglois. Les degrez au lieu d'être diviſés par des lignes obliques ou tranſverſales, comme dans les échelles de dixmes, ſont diviſés par une Méthode connue ſous le nom de Nonius, à qui on l'attribue ordinairement ; elle eſt extrêmement ingénieuſe, & elle peut avoir ſon application dans beaucoup d'autres cas.

61. L'extrémité inférieure de l'allidade a une eſpéce d'empatement *VX* (*Fig. 69.*) qui touche toujours exactement contre l'arc de l'inſtrument, lorſqu'on fait gliſſer l'allidade. Cet empatement a des diviſions qui ne ſont pas égales à celles de l'inſtrument, & leurs différences réciproques tiennent lieu de nouvelles ſubdiviſions. Si, par exemple, le degré eſt diviſé ſur l'arc de l'inſtrument en cinq parties, ce qui les fera valoir chacune 12 minutes ; & que l'eſpace de 2 deg. 12 min. ou de 132 min. au lieu d'être diviſé ſur l'extrémité de l'allidade en onze parties égales, ſoit diviſé en 12, chacune de ces derniéres parties ne ſera Fig. 69.

Fig. 69. que de 11 min. & ſi on fait donc répondre l'allidade préciſément à zéro de la graduation, ou au commencement d'un certain degré, la premiére partie ſe terminera une minute moins loin que la premiére partie de l'inſtrument, puiſqu'elle n'eſt que de 11 min. & que celle de l'inſtrument eſt de 12. La ſeconde partie de onze minutes de l'allidade ſe terminera deux minutes moins loin que la ſeconde diviſion de l'arc de l'inſtrument; la troiſiéme trois minutes, &c. Ce qui donnera le même avantage que ſi le degré étoit diviſé de minute en minute.

62. En effet ſi l'allidade eſt diſpoſée de façon que la fin de ſa premiére partie s'accorde avec la fin de la premiére partie de l'arc qui eſt de 12 min. ce ſera une marque que l'allidade, au lieu de répondre à zéro, ou au commencement précis d'une certaine diviſion, répond à une minute de plus. Si c'eſt la fin de la ſeconde partie qui répond à la fin de la ſeconde, l'allidade répondra à 2 min. & on jugera de la même maniére de la ſituation de l'allidade dans tous les autres cas.

V.

Que tous les Inſtrumens dont on ſe ſert en Mer pour obſerver la Hauteur des Aſtres, ſont inſuffiſans lorſque ces Aſtres ſont trop près du Zénith.

63. Nous terminerons ce Chapitre par une remarque importante, en avertiſſant qu'il eſt inutile d'entreprendre en Mer d'obſerver la hauteur des Aſtres qui ſont trop élevés. Quelques perſonnes ont regardé le défaut de ces ſortes d'obſervations, comme s'il étoit propre à certains inſtrumens; mais il eſt commun à tous, & il vient de la nature même de la choſe. Il faut prendre des précautions infinies lorſqu'on veut obtenir à terre la hauteur d'un Aſtre qui n'eſt éloigné du Zénith que de 3 ou 4 degrez; parce

que les moindres négligences ont alors des ſuites conſidérables. Mais une obſervation qui eſt très-difficile dans un obſervatoire ſtable, toutes les fois qu'on n'a pas pû ſe procurer d'avance les commodités néceſſaires, doit être regardée comme abſolument impraticable ſur un vaiſſeau. S'il s'agit de la hauteur méridienne de l'Aſtre, il faudroit pouvoir diriger l'inſtrument exactement Nord & Sud, & on s'y trompera peut-être de pluſieurs degrez. Outre cela on inclinera, ſans s'en appercevoir, l'inſtrument vers la droite ou vers la gauche, au lieu de le tenir tout-à-fait verticalement; & quoique ces fautes fuſſent légéres, conſidérées en ſoi ou par rapport aux hauteurs moins grandes, elles auront des effets extrêmement préjudiciables, lorſque l'Aſtre ſera très-élevé; de ſorte qu'il ne faudroit pas compter ſur une ſemblable obſervation. Figure 69.

CHAPITRE III.

Des Corrections qu'il faut appliquer à l'Obſervation de la Hauteur des Aſtres.

I.

Du Défaut auquel l'Horiſon dont ſe ſervent les Pilotes, eſt ſujet.

64. NOUS avons fait mention, en parlant du nouvel Octans Anglois, de la maniere de le vérifier; mais quand même il n'y auroit aucune erreur à craindre de ce côté-là, il faut toujours faire quelqu'autre eſpece de correction, pour avoir exactement la hauteur de l'Aſtre. Il eſt d'abord évident que l'Horiſon dont ſe ſervent les Pilotes, ne fournit pas une ligne exactement de niveau. On eſt élevé, par exemple, dans un Navire de 10

ou 12 pieds au-dessus de la surface de la Mer : il faudroit donc, au lieu de viser à la séparation apparente de la Mer & du Ciel, regarder plus haut au moins de 10 ou 12 pieds, pour avoir une ligne exactement horisontale. Nous disons qu'il faudroit au moins regarder plus haut de la même quantité. C'est ce qu'il faudroit faire, si la Terre étoit parfaitement plate, & s'il falloit attribuer à la foiblesse de notre vûe le peu d'étendue de ce cercle, que nous nommons *Horison visuel*, que nous voyons autour de nous lorsque nous sommes en pleine Mer. Mais comme la surface de la Terre est courbe, & qu'elle descend, pour ainsi dire, tout autour de nous, l'Horison dont se servent les Marins est encore plus défectueux par cette raison, & si on est élevé de 10 ou 12 pieds dans le Navire, il faudroit regarder environ 20 ou 24 pieds au-dessus de l'extrêmité apparente de la Mer, pour avoir une ligne exactement de niveau.

Fig. 70. 65. Supposé qu'on fût placé en *A*, (*Fig.* 70.) sur le sommet d'une montagne qui fût haute d'environ trois quarts de lieue, comme l'est à peu près le pic de Ténérife, l'inclinaison du rayon visuel *A H* seroit de 1 degré 55 minutes ; l'arc *E B F* represente une partie de la circonférence de la Terre, dont *C* est le centre, & le point *H* est l'extrémité apparente de la Mer, qui seroit alors éloignée de l'Observateur *A* de plus de 40 lieues. Il est vrai que lorsqu'on est dans un Navire, le défaut de l'Horison visuel dont se servent les Marins, ne va guère qu'à 4 ou 5 min. mais puisqu'on est bien sûr que ce défaut est réel, & que nous pouvons en déterminer la quantité fort aisément, nous ne serions pas excusables si nous négligions d'y avoir égard.

66. Lorsqu'on observe la hauteur *par-devant*, l'Astre doit paroître plus haut de toute la quantité dont l'Horison s'incline ou s'abaisse au-dessous de l'Astre. Il faut donc dans ce cas retrancher de la hauteur observée, l'inclinaison de l'Horison, ou, ce qui revient au même, il faut l'ajouter

au complément de la hauteur de l'Aſtre : car tout ce qui contribue à augmenter la hauteur, doit diminuer le complément. Si on trouve, par exemple, avec le nouvel Octans Anglois, ou avec quelqu'autre inſtrument, en obſervant par-devant, que la hauteur de l'Aſtre eſt de 55 deg. 15 min. & qu'on ſoit élevé de 24 pieds au-deſſus de la Mer, on trouvera dans la petite Table que nous inſérons ici, qu'il faut retrancher 5 min. pour l'inclinaiſon de l'Horiſon. Ainſi on aura 55 deg. 10 min. pour la hauteur de l'Aſtre, & 34 deg. 50 min. pour le complément, ou pour la diſtance de l'Aſtre au Zénith. Fig. 70.

67. Mais ce ſera tout le contraire, & la hauteur de l'Aſtre ſera trouvée trop petite, ſi l'on obſerve par derriere. Car l'Obſervateur qui tourne le dos à l'Aſtre *S*, & qui regarde la ligne *A H* comme horiſontale, la prolonge ſans y penſer derriere lui, & il ſe trompe donc de toute la quantité dont cette ligne s'éleve en *K*, au-deſſous de l'Aſtre. Ainſi lorſqu'on prend hauteur par derriere, il faut ajouter à cette hauteur l'inclinaiſon de l'Horiſon, ou, ce qui revient au même, il faut retrancher cette inclinaiſon, du complément de la hauteur.

68. Il faut remarquer que, quoique l'Horiſon paroiſſe borné par une terre, on peut cependant s'en ſervir, pourvû qu'on ait égard, comme on le doit toujours, à ſon inclinaiſon. Il ſuffit que la terre qu'on voit ſoit au-delà du point *H*. Si l'on n'eſt élevé au-deſſus de la Mer que de 15 ou 20 pieds, l'Horiſon ne doit guère s'étendre qu'à une lieue & demie de diſtance ou deux lieues. Ainſi toutes les fois que la côte qu'on découvre eſt plus loin, on ne doit nullement la regarder comme un obſtacle à l'obſervation. Si l'on craignoit qu'elle en fût un, il n'y auroit qu'à ſe mettre un peu plus bas, ſe mettre ſeulement à 8 ou 9 pieds au-deſſus de la Mer, & alors la diſtance *AH*, à l'extrémité apparente *H* de la Mer à laquelle on viſeroit, ne ſeroit guère que d'une lieue. On peut prendre pour régle générale, qu'il n'y a aucun riſque à ſe ſervir de l'Ho-

riſon de la Mer toutes les fois qu'on ne voit pas la plage, ou les rochers dont la côte eſt bordée.

69. *TABLE des Inclinaiſons de l'Horiſon viſuel pour différentes Elévations de l'Obſervateur au-deſſus de la Mer.*

Elevation au-deſſus de la Mer.		Inclinaiſ. de l'Horiſon.	Elevation au-deſſus de la Mer.		Inclinaiſ. de l'Horiſon.	Elevation au-deſſus de la Mer.	Inclinaiſ. de l'Horiſon.	Elevation au-deſſus de la Mer.	Inclinaiſ. de l'Horiſon.	Elevation au-deſſus de la Mer.	Inclinaiſ. de l'Horiſon.
Pied.	Pou.	Minutes.	Pied.	Pou.	Minutes.	Pieds.	Minutes.	Pieds.	Minutes.	Pieds.	Minutes.
0	11	1	15	3	4	$46\frac{1}{2}$	7	95	10	161	13
3	9	2	23	10	5	61	8	115	11	$186\frac{1}{2}$	14
8	7	3	34		6	77	9	137	12	214	15

70. Cette Table s'étend beaucoup plus loin qu'il n'eſt néceſſaire : je l'ai tirée d'un Ecrit que je publiai en 1729, ſur la maniere d'obſerver en mer la hauteur des Aſtres. On ſe contente ordinairement pour trouver l'inclinaiſon de la ligne *A H*, de réſoudre le triangle rectiligne *A C H* rectangle en *H* : on ajoute au rayon de la Terre, qui eſt de 1160 lieues, ou d'environ 3306000 toiſes, la quantité *B A* dont on eſt élevé en *A*, au-deſſus de la ſurface de la Mer, on a l'hypotenuſe *A C* ; & on fait enſuite cette analogie : *A C* eſt au ſinus total, ou au ſinus de l'angle droit *H*, comme le rayon *HC* de la Terre eſt au ſinus de l'angle *C A H*. Cet angle étant trouvé, on en prend le complément, & on a la quantité dont la ligne *A H* eſt inclinée, ou dont il s'en faut qu'elle ne ſoit perpendiculaire à *AC*. On a en même tems l'éloignement de l'Horiſon apparent. Si l'angle *A C H* ſe trouve de 5 à 6^{m}. la diſtance *A H* dont on eſt éloigné de l'extrémité apparente *H* de la Mer, ſera de cinq ou ſix milles, ou de cinq ou ſix tiers de lieue. Nous n'avons pas ſuivi cette méthode pour conſtruire la petite Table que nous venons de donner : nous avons eu égard à la courbure que ſouffre le rayon viſuel *A H*, qui ſe plie conſidérablement dans ſon trajet, pour peu qu'il ſoit long : car

car nous ne voyons presque jamais par des lignes exactement droites les objets éloignés. Notre vûe souffre un détour très-sensible, lorsque nous regardons obliquement dans l'eau : il arrive quelque chose de semblable dans l'air même, à cause de sa grossiéreté ou densité, qui n'est pas la même à différentes hauteurs au-dessus de la Terre. La courbure du rayon *A H* diminue un peu son inclinaison ; il se courbe en dessus, à peu près comme l'est la ligne *A I h*; il est dirigé en entrant dans l'œil, comme s'il partoit d'un point un peu plus élevé. Cette courbure produit encore un autre effet ; elle est cause que notre vûe est un peu moins bornée ; au lieu de se terminer en *H*, elle s'étend jusqu'en *h*.

II.

Nouveau Moyen d'observer la Hauteur, lorsqu'on ne voit pas l'Horison.

71. Nous avons déja expliqué plusieurs moyens d'ob- «
server la hauteur des Astres, sans se servir de l'Horison «
que fournit la Mer. Un Artiste Anglois en a proposé un «
autre qui est fort ingénieux, & qui pourra être d'usage, «
non-seulement à terre, mais aussi à la Mer. Cet Artiste «
ayant remarqué que les toupies ont réellement la pro- «
priété de se redresser & de se mettre à plomb, lorsqu'el- «
les sont en mouvement, a pensé qu'on pouvoit appliquer «
un miroir de métail, ou une glace de miroir ordinaire «
au-dessus, & qu'on auroit une surface parfaitement de «
niveau, ou parfaitement horisontale, dont on pourroit se «
servir quelquefois en Mer. Il faut pour cela que la tou- «
pie soit de métail, & qu'elle soit construite avec le plus «
grand soin : on lui donne environ 3 pouces de diamétre ; «
il faut qu'elle ait très-peu de hauteur ; & afin même «
que son centre de gravité, ou que son point le plus «
pesant soit moins élevé, on lui met un pourtour de mé- «
tail qui lui donne la même forme qu'au couvercle d'une «

» boëte cylindrique, ou au-deſſus d'une tabatiere ronde.
» Cette toupie n'a point de pointe ou de pivot en-deſ-
» ſous, c'eſt même tout le contraire; elle a en-dedans & au-
» deſſous du miroir un petit creux formé dans un morceau
» d'agathe qui reçoit l'extrémité d'une pointe d'acier ſur
» laquelle on la fait tourner, lorſqu'on veut s'en ſervir.
» Cette pointe part du fond d'une boëte de bois, ou d'une
» eſpéce d'écuelle dont la figure eſt indifférente, & qu'il
» eſt plus facile de faire quarrée. La toupie ſe ſoutient à
» peine ſur la pointe d'acier, ou plutôt elle ne s'y ſoutient
» pas, lorſqu'elle eſt ſans mouvement : car malgré le
» pourtour de métail qui eſt deſtiné à porter ſa peſanteur
» vers le bas, il ne faut pas que ſon centre de gravité ou
» le point dans lequel on peut ſuppoſer que toute ſa pe-
» ſanteur ſe réunit, ſoit au-deſſous de l'extrémité de la
» pointe d'acier : il ne faut pas non plus qu'il ſoit au-deſ-
» ſus. Il faudroit qu'il répondît exactement à l'extrémité
» de la pointe ; & c'eſt ce qui eſt cauſe que la toupie ne
» conſerve pas ſa ſituation, lorſqu'on la met ſur ſon pi-
» vot, & qu'on ne lui imprime aucun mouvement.

72. » Cette petite Machine a en-deſſus & au milieu du
» miroir une petite tige de métail qui s'élève perpendicu-
» lairement comme dans les toupies ordinaires. Lorſqu'on
» veut la faire tourner, on enveloppe un ruban autour de
» cette tige, & on le tire enſuite avec force, en retenant
» la toupie, ou en l'empêchant de s'incliner. L'eſpéce
» d'écuelle du fond de laquelle s'élève la pointe d'acier,
» ſur laquelle ſe fait le mouvement, a ſes bords aſſez éle-
» vés. On met au-deſſus une régle qu'on place comme
» un diamétre : cette régle qu'on peut faire de bois, re-
» tient la tige de la toupie, pendant qu'on tire le ruban,
» & on l'ôte auſſi-tôt que le mouvement eſt donné.
» On voit bien que cette régle doit avoir une certaine
» hauteur ou épaiſſeur, & qu'il faut qu'elle ait un trou
» dans cette épaiſſeur; afin que le ruban puiſſe paſſer au
» travers lorſqu'on le tire de côté. Plus on le tire prompte-

ment & avec force, plus on fait tourner vîte la toupie « dont le mouvement se conserve ensuite plus long-tems. « Le ruban se dégage, puisqu'il n'est point attaché à la « tige de la toupie; & on peut donc après cela enlever « la régle qu'on avoit mise au-dessus de la boëte ou écuelle. « Je crois que nos Horlogers un peu adroits réussiroient « aisément à construire cette Machine sur la simple des- « cription que nous venons d'en donner. «

73. Cette toupie conservera son niveau, quoiqu'on « incline l'écuelle dans laquelle on la fait tourner, & mal- » gré l'agitation du Navire, si les mouvemens de la Mer « ne sont pas extrêmement violens; & on aura dans la sur- « face du miroir un horison parfait dont on pourra se ser- « vir. Si pendant que le mouvement de la toupie est régu- « lier, on regarde le Soleil ou la Lune dans le miroir, « on verra que l'image de l'Astre ne changera point de « place, quoiqu'on donne des secousses assez fortes à la « Machine. Il faudra, pour observer la hauteur avec l'Oc- « tans de la *Figure* 67, se pancher vers la toupie qu'on aura « mise en mouvement dans sa boëte, & qu'on placera en- « bas devant soi. On fera concourir ensuite les deux ima- « ges de l'Astre sur la glace *IF*. La premiere image sera « celle que fournira la toupie; on la verra par la partie « transparente de la glace *I F*, & par le rayon visuel *O H* « qu'il faudra rendre d'autant plus plongeant que l'Astre « sera plus haut. Car plus l'Astre sera élevé, plus il paroî- « tra bas, vû par réflexion sur le miroir de la toupie, qui « est parfaitement horisontal. La seconde image qu'il fau- « dra faire concourir avec la premiere, sera celle qui se « tracera sur la partie étamée de la glace *IF*, & qui sera « fournie par le miroir *L G* de l'allidade & par le rayon « *K M N*. Lorsque les deux images concourront, ou que « la moitié de l'une conviendra parfaitement avec la moi- « tié de l'autre, l'Octans ne donnera pas la hauteur de « l'Astre, mais le double de cette hauteur. Car il mar- « quera combien l'Astre est réellement élevé au dessus de «

» son image qu'on voit dans le miroir de la toupie. Ainsi » il n'y aura qu'à prendre la moitié du nombre qu'on trouvera sur l'Octans, & on aura la hauteur de l'Astre. »

III.

De la Réfraction Astronomique.

74. La courbure dont nous avons parlé plus haut (No.70.) que souffrent les rayons de lumiére, est très-considérable, lorsqu'ils ont à traverser obliquement toute l'épaisseur de l'air qui environne la Terre. Il s'en faut beaucoup que ces rayons ne nous viennent en lignes droites, ils se courbent sensiblement en avançant vers nous; ce qui arrive principalement lorsque nous regardons les Astres qui sont vers l'Horison. On nomme *Réfraction Astronomique*, ce détour que souffrent les rayons de lumiére, qui fait que la plûpart des Astres ne sont pas exactement dans la place où ils nous paroissent être. La Réfraction les élève en apparence; & on sçait par une infinité d'observations certaines, que lorsqu'ils nous paroissent à l'Horison, ils sont réellement 33 ou 34 minutes au-dessous. Lorsque le Soleil ou la Lune se léve ou se couche, la partie inférieure de ces Astres souffre plus de réfraction que le haut, ou paroît plus élevée à proportion; & c'est ce qui est cause que ces Astres prennent alors à notre vûe une forme ovale.

TABLE des Réfractions Astronomiques.

Hauteur apparente.	Refract.	Hauteur apparent.	Refraction.
Degrez.	Minutes.	Degrez.	Minutes.
0	34	16	3
1	24	25	2
2	18	43	1
$3\frac{1}{2}$	13	49	0 50″
5	10	55	0 40″
7	7	62	0 30″
8	6	71	0 20″
10	5	80	0 10″
$12\frac{1}{2}$	4	90	0 0″

75. Dans les Régions où l'air est plus dense, les Réfractions doivent y être un peu plus fortes; & elles sont aussi, toutes choses d'ailleurs égales, un peu plus grandes en Hyver qu'en Eté. On peut dans l'usage de la Navigation, n'avoir point égard à cette différence, & se servir toujours de la petite Table qu'on voit ci-à-côté. Puisque la Ré-

fraction élève l'Aftre en apparence, il faut néceffairement la retrancher de la hauteur, ou bien l'ajoûter au complément. Lorfque j'étois à Sainte-Marthe le 30 Octobre 1743, & que je trouvai à Midi la diftance du Soleil au Zénith de 25 deg. 14 min. ou la hauteur de cet Aftre de 64 deg. 46 min. la méthode que j'employai dans cette occafion, parce que je n'avois alors aucun Inftrument, n'exigeoit aucune correction pour l'Horifon, mais conformément à la petite Table, je dus retrancher de la hauteur environ une demie-minute. Les Pilotes peuvent fouvent négliger une auffi petite quantité : mais lorfque l'Aftre eft beaucoup moins élevé, la Réfraction eft plus grande, & il faut alors néceffairement y avoir égard.

IV.

De la Parallaxe.

76. Enfin il y a encore une attention à avoir, non « pas lorfqu'on obferve la hauteur du Soleil ou des Etoi- « les, mais lorfqu'on obferve celle de la Lune ; ce qui « fera utile au Pilote en plufieurs rencontres. La Lune « étant très-voifine de la Terre, ou ce qui revient au mê- « me, la Terre étant fort groffe par rapport à la diftance « d'ici à la Lune, nous ne pouvons pas nous confidérer « comme exactement fitués au centre du cercle que pa- « roît décrire cette Planéte. Si deux perfonnes font feu- « lement éloignées l'une de l'autre de 7 à 800 lieues, & « qu'elles obfervent la Lune précifément dans le même « inftant, elle ne leur paroîtra pas exactement dans le « même point du Ciel ; on la rapportera à différentes Etoi- « les, & la différence pourra aller à plus de 30 minutes, » ou fe trouver d'environ la largeur ou le diamétre de la « Planéte. Ce changement, dans la fituation apparente « de l'Aftre, fe nomme en général *la Parallaxe* ; & com- « me l'obfervation n'en avoit pas échappé aux Anciens, « ils s'en font fervis avec fuccès pour déterminer la diftan- «

» ce de la Lune à nous, par des moyens qui sont les mê-
» mes dans le fond que ceux qui servent à lever des Plans
» ou à mesurer les distances par la Trigonométrie.

77. » Nous supposerons pour donner une idée plus » précise de la Parallaxe, que le petit cercle *BAD*
Figure 71. » (*Fig.* 71.) représente la Terre, que *GL* soit le cercle » que la Lune paroît décrire en tournant autour de nous, » & que cette Planéte réponde au Zénith de l'Observa- » teur *A*, de même que l'Etoile *E*, ou que les deux Af- » tres soient sur la même ligne *CE*. Si la Lune ne chan- » geoit pas de situation par rapport à l'Etoile, & qu'elle » parût faire le tour de la Terre précisément dans le même » tems, elle parviendroit en *l*, lorsque l'Etoile parvien- » droit en *e*; & les deux Astres seroient toujours sur la » même ligne droite *Ce*, qui part du centre *C* de la Terre. » Mais cependant la Lune ne répondroit pas au même » endroit du Ciel que l'Etoile, pour l'Observateur *A* qui » rapporteroit la Lune au point *F*, au lieu de la rapporter » à l'Etoile, comme il le faisoit trois ou quatre heures au- » paravant. Il n'est pas moins clair que la Parallaxe fait » paroître plus bas l'Astre qui y est sujet, ou qu'elle le fait » paroître plus éloigné du Zénith. Ainsi après avoir observé » la hauteur de la Lune, il faut l'augmenter pour la corri- » ger, ou pour trouver de combien elle seroit, pour un » Observateur placé au centre *C*.

78. » Les Etoiles sont si éloignées de la Terre, qu'elles » n'ont aucune Parallaxe sensible : notre Globe, malgré la » grosseur qu'il a par rapport à nous, n'est rien par rapport » à leur distance qui est comme infinie. Le Soleil étant » plus voisin a une Parallaxe, mais si petite qu'on doit la né- » gliger dans les observations que font les Pilotes. Ce n'est » pas la même chose de la Lune dont la Parallaxe est quel- » quefois de plus d'un degré, ou de deux fois la largeur » de cette Planéte. Plus la Lune est voisine de l'Horison, » plus la Parallaxe est grande; mais outre cela la Lune » change sa distance à la Terre, comme nous l'avons ex-

pliqué dans le Livre précédent. Elle ne décrit pas tou- « jours d'Orient en Occident en 24 heures un cercle *G L l* « également éloigné de nous, & c'eſt ce qui rend ſa Pa- « rallaxe encore plus variable. On doit bien ſe reſſouvenir « que la Parallaxe produit un effet tout contraire à la ré- « fraction ; elle abaiſſe l'Aſtre: ainſi nous le répétons, il « faut l'ajoûter à la hauteur, ou la retrancher du complé- « ment. Nous inſérons ici une petite Table qui marque « la Parallaxe qu'a la Lune à différentes hauteurs, lorſqu'on « ſçait la Parallaxe qu'a cette Planéte à l'Horiſon. Et c'eſt « pour cela que nous l'avons diſtribuée en un plus grand « nombre de colomnes. «

79. On choiſira la colomne « convenable en cherchant en « haut la Parallaxe horiſontale, « ou cette plus grande Parallaxe « qu'a la Lune lorſqu'elle eſt à « l'Horiſon. Si cette Parallaxe eſt, « par exemple, de 58 min. ce « qu'on ſçaura par les moyens in- « diqués dans le Livre précé- « dent (N°. 124.) en calculant « l'anomalie de la Lune, on ſe « ſervira de la ſeconde colomne « des Parallaxes, & ſi la Lune a « 50 deg. de hauteur, on trou- « vera 37 min. qu'il faudra par « conſéquent ajoûter à cette hau- « teur. «

TABLE des Parallaxes de la Lune.

Hauteur apparen.	Parallaxes.	Parallaxes.	Parallaxes.
Degrez.	Minutes.	Minutes.	Minutes.
0	54	58	62
10	53	57	61
20	51	54	58
30	47	50	54
40	41	44	47
50	35	37	40
60	27	29	31
70	19	20	21
80	9	10	11
90	0	0	0

80. Suppoſé que la Parallaxe qu'a la Lune à l'Hori- « ſon, ne ſe trouve pas dans la Table, on prendra des par- « ties proportionnelles entre les nombres de deux colom- « nes. Si, par exemple, la Parallaxe horiſontale eſt de « 59 minutes, & que la hauteur apparente de la Lune « ſoit de 60 degrez, il faudra prendre une eſpéce de mi- « lieu entre 29 & 31 minutes qui ſont marquées dans la «

» seconde & la troisiéme colonnes des Parallaxes. On trouvera $29\frac{1}{2}$ min. qui étant ajoûtées à 60 degrez, donneront 60 degrez $29\frac{1}{2}$ min. pour la hauteur vraie, en supposant qu'on ait déja fait les autres corrections. »

CHAPITRE IV.

Moyens de trouver la Latitude de l'endroit où l'on est en Mer.

I.

81. IL est facile de déterminer la latitude de l'endroit où l'on est, lorsqu'on peut observer la hauteur des Astres. C'est déja là un premier usage qu'aura cette observation. Nous prendrons la hauteur de l'Astre, lorsqu'il sera parvenu au Méridien : nous l'aurons vû monter peu-à-peu du côté de l'Orient; & l'instant avant qu'il descende vers l'Occident nous mesurerons avec l'Octans Anglois ou avec quelqu'autre instrument sa distance à notre Zénith, ou le complément de sa hauteur. On pourra, pour plus de sûreté, examiner sur la Boussole, après qu'on en aura découvert la variation, si l'Astre répond exactement au Nord ou au Sud. Supposé après cela que l'Astre n'eût point de déclinaison, qu'il fût précisément sur l'Equateur, sa distance au Zénith donneroit celle de l'Equateur au Zénith. Ainsi on auroit alors immédiatement la latitude du lieu où l'on est, puisqu'elle est égale en degrez à l'autre quantité, comme nous l'avons vû ci-devant, (N°. 15 du Livre II.) Mais si l'Astre a de la déclinaison, comme cela arrive presque toujours, le complément de sa hauteur sera alors trop grand ou trop petit.

82. Les Pilotes n'observent guére que le Soleil, & on peut leur donner une régle générale avec laquelle ils ne

pourront

pourront jamais se tromper sur la petite opération d'Arithmétique qu'ils auront à faire. Comme on ne prend la hauteur de l'Astre que lorsqu'il passe au Méridien, l'ombre de l'Observateur ne peut aller que vers le Nord ou vers le Sud. Il n'y a qu'à faire attention au côté vers lequel elle tombe, & *ajouter toujours ensemble les deux quantités, la déclinaison de l'Astre & sa distance méridienne au Zénith, si l'ombre de l'Observateur & la déclinaison sont de même dénomination. Il faudra au contraire soustraire une des deux quantités de l'autre, si l'ombre & la déclinaison sont de différens côtés:* outre cela *la latitude sera toujours du côté de la plus grande de ces deux choses, du côté de la déclinaison, si elle est la plus forte, & du côté de l'ombre, si c'est la distance de l'Astre au Zénith qui est plus grande.*

83. Il nous est très-facile, en jettant les yeux sur la *Fig.*38. de nous convaincre que cette régle est parfaitement sûre. On se ressouvient que les points *N* & *S* indiquent les deux Poles du Monde, & *EQ* l'Equateur céleste. Si l'Astre en passant au Méridien se trouve en *F*, l'ombre de l'Observateur, qui est en *A*, ira vers le Nord, & la déclinaison de l'Astre sera septentrionale. Ainsi selon la régle, il faudra ajouter la déclinaison de l'Astre avec le complément de sa hauteur, pour avoir la latitude. Il est bien clair aussi qu'en ajoutant la déclinaison *FE* avec le complément *FZ* de la hauteur de l'Astre, on aura la distance *EZ* du Zénith à l'Equateur. Fig. 38.

84. Si l'Astre, au lieu de se trouver en *F*, lorsqu'il passe au Méridien, se trouve en *G* de l'autre côté du Zénith, l'ombre de l'Observateur ira d'un côté, pendant que la déclinaison de l'Astre sera d'une autre dénomination. Ainsi la régle nous apprendra qu'il faut soustraire; & on voit bien aussi que la déclinaison *EG* est plus grande que la distance du Zénith à l'Equateur, & qu'il faut donc en retrancher le complément de la hauteur de l'Astre, ou la quantité *ZG* dont l'Astre est éloigné du Zénith. La régle réussira également, lorsque l'Astre sera en *D*, de l'autre

Fig. 38. côté de l'Equateur, par rapport au Zénith. L'ombre de l'Observateur & la déclinaison de l'Astre seront de différens côtés, & selon la régle il faudra soustraire. Le complément DZ de la hauteur de l'Astre est effectivement trop grand; & si on en retranche la déclinaison DE, il restera EZ, distance du Zénith à l'Equateur.

85. Nous pourrions nous dispenser de dire que la même régle doit être bonne pour les Etoiles, lorsqu'on les observe dans la plus grande hauteur à laquelle elles parviennent dans chaque révolution de 24heures. Le côté où elles sont, par rapport au Zénith, détermine le côté vers lequel tomberoit l'ombre, si leur lumiere étoit assez forte. On peut se servir avec le même succès des observations faites sur la Lune; pourvû qu'on ait des Tables de la déclinaison de cette Planéte, & qu'on les corrige pour la différence des Méridiens.

II.

Applications de la Régle à quelques Exemples.

86. Supposons qu'un Pilote se trouve dans la Mer du Sud, vers 290 degrez de longitude, selon la maniére ordinaire de compter, & que le 29 Novembre 1758, son ombre à midi aille vers le Nord, & que le complément de la hauteur du Soleil soit de 22 deg. 10 min. toutes corrections faites. Il s'agit de trouver la latitude.

87. Lorsqu'il sera midi dans la mer du Sud, par 290 degrez de longitude, il sera plus de midi à l'Isle-de-Fer. On sera par 70 degrez de longitude Occidentale, qui valent 4 heures 40 min. Ainsi il sera déja 4 heures 40 min. du soir à l'Isle-de-Fer, supposé qu'on soit entré dans la Mer du Sud en suivant la route ordinaire, en doublant le Cap de Horne, ou en singlant vers l'Ouest. La déclinaison du Soleil sera de $21^d. 36^m$. La Table ne marque que 21 deg. 34 min. mais il faut ajouter environ 2 min. à cause de la

différence des midis. La déclinaison sera Sud, & comme l'ombre de l'Observateur est supposée au contraire aller vers le Nord, il faut soustraire les deux quantités l'une de l'autre. Il restera o degré 34 min. pour la latitude, & elle sera Nord, ou du même côté que l'ombre, parce que le complément de la hauteur de l'Astre est plus grand que la déclinaison.

88. *Second exemple.* L'œil du Taureau en passant au Méridien, ou lorsqu'il parvient à sa plus grande hauteur, paroît vers le Nord, par rapport au Zénith de l'Observateur, c'est-à-dire, que si l'Etoile avoit assez de lumiére, l'ombre iroit vers le Sud. Sa distance au Zénith se trouve en même tems de 10 deg. 15 min. Il faut encore soustraire dans ce cas, parce que l'ombre & la déclinaison sont de différens côtés. La Table du N°. 23. du Livre précédent, marque 15 deg. 59 min. pour la déclinaison de l'Etoile, pour le commencement de 1755, & si de 15 degrez 59 min. on ôte 10 deg. 15 min. il restera 5 deg. 44 min. pour la latitude; & elle sera Nord, parce que la déclinaison de l'Astre est la plus grande des deux quantités.

89. « *Troisiéme Exemple.* On est le 19 Décembre 1752 « par 344 deg. de longitude, c'est-à-dire, qu'on est 16 deg. « à l'Ouest du Méridien de l'Isle-de-Fer, on est par 16 deg. « de longitude Occidentale, ou environ 36 deg. à l'Oc- « cident du Méridien de Paris, & on s'y est rendu d'Eu- « rope par le plus court chemin. On observe la hauteur « apparente de la Lune de 10 deg. 9 minutes, lorsque « cette Planéte passe au Méridien : l'erreur de l'instru- « ment est censée corrigée, de même que l'inclinaison de « l'Horison: l'ombre de l'Observateur pendant l'observation « va vers le Sud. On demande par quelle latitude on est? «

90. Le Livre de la Connoissance des Tems, ou « les Ephémérides * des mouvemens célestes marquent «

* Les Ephémérides sont des Tables qui donnent les mouvemens célestes de jour en jour, les déclinaisons des Planétes, le tems de leur passage par le Méridien, &c.

» la déclinaiſon de la Lune pour le 19 Décembre 1752, » à midi pour le Méridien de Paris, de 19 deg. 33 min. » ſeptentrionale, & pour le lendemain à midi, 20 deg. » 6 min. Ainſi la déclinaiſon de la Lune augmente en » ce tems-là de 33 min. en 24 heures; & elle doit donc » augmenter à proportion d'environ 15 min. depuis midi » juſqu'à 10 heures 55 min. du ſoir que la Lune paſſe au » Méridien de Paris; ce qui donnera 19 deg. 48 min. » pour ſa déclinaiſon. Mais elle doit en avoir encore da- » vantage lorſqu'elle parvient au Méridien de notre Ob- » ſervateur, environ 36 deg. à l'Occident du Méridien » de Paris, qui valent 2 heures 24 min. Je cherche » donc encore de combien la déclinaiſon de la Lune doit » augmenter dans cet intervalle de tems, à proportion » des 33 min. d'augmentation qu'elle reçoit en 24 heu- » res : il me vient environ 2 min. & demie, qu'il faut » ajouter à 19 deg. 48 min. & j'ai en tout 19 degrez » $50\frac{1}{2}$ min. pour la déclinaiſon de la Lune à l'inſtant de » l'obſervation; cette déclinaiſon eſt Septentrionale ou » Nord.

91. » Nous devons conſidérer après cela que la hau- » teur de la Lune n'eſt qu'apparente, & que quoique » corrigée de l'erreur de l'inſtrument & de l'inclinaiſon » de l'Horiſon, nous devons avoir égard aux erreurs cau- » ſées par la réfraction aſtronomique & par la parallaxe. » La hauteur apparente étant de 10 deg. 9 min. nous » trouvons dans la petite Table du N°. 74. qu'il y a en- » viron 5 min. pour la réfraction, leſquelles ſont à retran- » cher, ce qui nous donne 10 deg. 4 min. pour la hau- » teur. Il nous faut outre cela avoir égard à la paralla- » xe, comme nous l'avons expliqué N°. 76. & ſuivans. » Si on calcule l'anomalie de la Lune par la Table du » N°. 132. du Livre précédent, on verra qu'il ne s'en » faut pas beaucoup qu'elle ne ſoit de ſix ſignes; & on » trouvera dans la Table du N°. 133. que la parallaxe » horiſontale eſt d'environ 62 min. La parallaxe qu'a la

Lune, à 10 deg. 4 min. de hauteur, est un peu moindre ; « & on apprendra, en consultant la Table du N°. 79. que « cette parallaxe est de 61. min. lorsque la parallaxe hori- « sontale est de 62 min. Ainsi il faut ajouter 61 min. ou « 1 deg. 1 min. à la hauteur observée de la Lune, pour « avoir la hauteur vraie. Il viendra 11. deg. 5 min. & par « conséquent la Lune sera éloignée du Zénith de 78 deg. « 55. min. «

92. Le reste de l'opération n'est sujet à aucune diffi- « culté ; l'ombre de l'Observateur & la déclinaison de « l'Astre sont de différens côtés : il faut donc soustraire les « deux quantités l'une de l'autre, selon notre regle géné- « rale. Il faut ôter la déclinaison 19 deg. $50\frac{1}{2}$ min. du « complément de la hauteur 78 deg. 55 min. il vient 59 « deg. $4\frac{1}{2}$ min. pour la latitude requise, & elle sera Sud, « parce qu'elle doit être du côté de l'ombre ; le complé- « ment de la hauteur de l'Astre étant plus fort que sa décli- « naison. Une pareille détermination ne sera pas ordinaire- « ment aussi exacte que si on avoit observé le Soleil ; les « négligences de calcul & divers autres obstacles plus dif- « ficiles à vaincre en seront cause. Mais néanmoins on ti- « reroit un grand secours dans plusieurs cas de ces sortes « d'observations, & elles seroient toujours d'une préci- « sion suffisante. «

III.

Exception à laquelle est sujette la Régle précédente.

93. La régle que nous venons d'expliquer souffre cependant une exception. Elle ne peut pas servir lorsque l'Astre passe au Méridien au-dessous du Pole, ou lorsqu'on l'observe dans sa moindre hauteur. Ce cas peut avoir lieu pour le Soleil même, lorsque la Sphére est trop oblique, & que cet Astre ne se couche pas. Il nous éclaire pendant sa révolution entiére de 24 heures. Si on l'observe à midi,

Fig. 38. la régle que nous fournit la remarque de l'ombre est bonne ; mais si on l'observe lorsqu'il est descendu à sa moindre hauteur, ou dans le point qui tient lieu de minuit, il faut alors ajouter la déclinaison avec la distance de l'Astre au Zénith, & ôter la somme de 180 degrez. Le Soleil est comme en *K*; sa déclinaison est *K Q*, qu'on ajoute avec *K Z*, ce qui donne la distance *Z Q* du Zénith à l'Equateur; mais par le plus long chemin, & il faut ôter cette distance de 180 degrez ou du demi cercle, pour avoir *E Z*.

I V.

Trouver la Latitude par la Hauteur du Pole.

94. Au lieu de chercher la distance de notre Zénith à l'Equateur, nous pouvons chercher la hauteur polaire ou la quantité *NO* dont le Pole est élevé au-dessus de l'Horison, & nous aurons également notre latitude.* Mais lorsqu'on se sert de ce second moyen, on employe la hauteur même de l'Astre, & non pas son complément; & on fait tout le contraire à l'égard de la déclinaison.

*Voyez N°. 46. Liv. II.

95. Supposé que l'Astre passe au Méridien dans sa plus grande hauteur, & qu'il soit comme en *G*, on ôtera de sa hauteur *G O* sa distance *G N* au Pole, ou le complément de sa déclinaison ; le reste donnera la hauteur polaire *NO*. Le cas est contraire si l'Astre est au-dessous du Pole, ou dans sa moindre hauteur, comme en *K*. Cette hauteur que fournit l'instrument est moindre que la hauteur du Pole, & puisque l'Astre est trop bas, il faut augmenter sa hauteur, en y ajoutant le complément de la déclinaison.

96. *Exemple.* Supposons qu'au commencement de 1759. on observe la Claire des Gardes, lorsqu'elle passe au Méridien au-dessous du Pole, ou lorsqu'elle est dans sa moindre hauteur, & qu'on trouve qu'elle est élevée au-dessus

de l'Horiſon de 35 deg. 10 min. Nous demandons par quelle latitude on ſera.

97. La déclinaiſon de la Claire des Gardes ſera de 75 deg. 8 min. Ainſi l'Etoile ſera éloignée du Pole de 14 deg. 52 min. & puiſqu'elle eſt moins élevée que le Pole, il faut ajoûter ces 14 deg. 52 min. aux 35 deg. 10 min. de hauteur de l'Etoile, ce qui donnera 50 deg. 2 min. pour la hauteur polaire, ou pour la latitude de l'Obſervateur, laquelle ſera Nord, puiſque la Claire des Gardes eſt dans l'Hémiſphère ſeptentrional.

V.

Remarques ſur quelques autres moyens propoſés par différens Auteurs pour trouver la Latitude.

98. « On trouve dans pluſieurs Livres divers moyens « de découvrir la latitude, en obſervant les Aſtres, lorſ- « qu'ils ſont vers l'Orient ou vers l'Occident, à une cer- « taine diſtance du Méridien. La choſe eſt très-poſſible « dans la Spéculation, & on pourroit auſſi ſans doute la « pratiquer quelquefois à terre. Le cas eſt différent, lorſ- « qu'on eſt en Mer; & d'ailleurs il me paroît que toutes « ces méthodes peu directes, ou peu naturelles, ſont ſu- « perflues pour trouver la latitude, ſurtout ſi l'on joint « aux obſervations du Soleil, celles de la Lune & des « Etoiles. Suppoſé que le Soleil paſſe au Méridien trop « près du Zénith, on ne pourra pas obſerver ſa hauteur; « mais il n'y aura qu'à avoir recours aux autres Aſtres. «

99. Ces mêmes méthodes ſont peu exactes, par la « même raiſon qu'elles ne ſont pas aſſez directes. On peut « s'en appercevoir aiſément en les examinant avec un peu « d'attention; & d'ailleurs nous nous en ſommes aſſûrés « par notre propre expérience. Pluſieurs Auteurs ont pro- « poſé, par exemple, d'obſerver deux Aſtres dans l'inſ- «

» tant qu'ils ſont exactement dans le même vertical, & ils » ont cru que cette obſervation étoit très-facile à faire ; » parce qu'elle n'exigeoit de la part d'un des Obſervateurs » qu'un inſtrument bien ſimple, ſçavoir, un fil à plomb. » Mais ſi ces deux Aſtres ſont voiſins l'un de l'autre, il » arrivera que pendant plus d'une demie-heure ils paroî- » tront aſſez exactement dans le même vertical, & qu'ainſi » la circonſtance choiſie ne donnera rien de déterminé. » Si au contraire les deux Aſtres ſont à une diſtance con- » ſidérable l'un de l'autre, on ne les verra pas du même » coup d'œil, on ne pourra pas les rapporter exactement » au fil à plomb ; & outre cela la longueur de ce fil con- » tribuera à faire augmenter l'agitation que le Navire lui » communiquera continuellement.

100. » On a propoſé auſſi d'obſerver la hauteur d'un Aſ- » tre deux fois vers l'Orient ou vers l'Occident, & de me- » ſurer avec une montre le tems écoulé entre les deux ob- » ſervations. Mais il faut que l'intervalle ſoit au moins de » 2 ou 3 heures, & on n'eſt pas ſûr de l'obtenir en Mer, » à pluſieurs ſecondes près, quelque exacte que ſoit l'Hor- » loge dont on ſe ſert. Tout conſidéré, il s'agit de dé- » couvrir la grandeur de l'arc du Méridien intercepté en- » tre le Zénith & l'Equateur ; & il eſt certain qu'il n'y a » pas de meilleur moyen d'y parvenir dans la pratique, » que de ſe ſervir des Aſtres lorſqu'ils paſſent au Méridien. » Si on employe ce moyen direct, on ne doit pas crain- » dre que les erreurs de l'obſervation ſe multiplient : ſup- » poſé qu'on ſe trompe de 2 ou 3 minutes ſur la hauteur » de l'Aſtre, l'erreur ne ſera que de la même quantité ſur » la latitude. Ce ne ſeroit pas la même choſe ſi les Na- » vigateurs adoptoient les méthodes indirectes dont nous » les avertiſſons de ne pas ſe ſervir. Il leur faudroit faire » pluſieurs obſervations ; & la moindre erreur qu'ils com- » mettroient ſur chacune, leur en produiroit preſque tou- » jours d'extrêmement grandes ſur la latitude, à cauſe des » circuits dans leſquels ils ſeroient obligés de s'engager. »

CHAPITRE V.

Moyens de déterminer l'Heure qu'il eſt, lorſqu'on eſt en Mer, & de régler avec exactitude les Horloges, ſoit par l'inſtant du Lever & du Coucher du Soleil, ſoit autrement.

101. LORSQU'ON connoît la latitude de l'endroit où l'on eſt, il eſt facile de trouver l'heure du lever & du coucher du Soleil; ce qui ſert à régler les Horloges ou Sabliers qu'on a dans les Vaiſſeaux. Le Pilote ne peut faire l'opération qui eſt néceſſaire pour cela, que lorſqu'il ſçait la déclinaiſon du Soleil pour l'inſtant même du lever ou du coucher : mais comme la diſtance de cet Aſtre à l'Equateur ne change au plus que d'une minute dans une heure, on ne peut pas s'y tromper ſenſiblement. Il eſt très-facile auſſi par la connoiſſance de la route, & par les changemens qu'a reçu la latitude ou la hauteur polaire depuis la derniére obſervation, de connoître par quelle latitude on eſt le matin ou le ſoir.

I.

Uſage des Tables du Lever & du Coucher du Soleil.

102. Connoiſſant la hauteur polaire & la déclinaiſon, on aura recours à la Table que nous inſérerons à la fin de ce Chapitre. Les degrez de déclinaiſon ſont marqués en haut, & les latitudes ou hauteurs polaires ſont marquées dans la premiére colomne. On fait convenir

les deux quantités, & on trouve l'heure du lever ou l'heure du coucher du Soleil, selon qu'on est en Eté ou en Hyver. Si on est en Eté, la Table donne l'heure du lever; mais il n'y a qu'à ôter l'heure du lever, de 12 heures, & on aura le coucher.

103. Si l'on est, par exemple, par 50 degrez de latitude septentrionale, & que la déclinaison du Soleil soit Nord de 15 degrez, la Table nous apprendra que le Soleil se léve à 4 h. 46 m. & si on retranche ce nombre de 12 h. il restera 7 h. 14 m. pour le coucher. Il faut remarquer que ce n'est pas le lever & le coucher apparent, que la Table fournit. Elle nous indique le tems auquel le Soleil se trouve réellement dans l'Horison, & alors cet Astre nous paroît plus haut à cause de la réfraction astronomique. On voit alors entre son bord inférieur & l'Horison, un espace égal à peu près à son demi-diamétre.

104. Il y aura ordinairement des minutes, outre les degrez de latitude & de déclinaison : il faudra donc prendre les parties proportionnelles, comme nous avons déja eu occasion de le faire plusieurs fois. Supposé que la latitude soit de 50 deg. 40 min. & la déclinaison du Soleil de 15 deg. 10 min. il faudra prendre des parties proportionnelles pour les 10 minutes de déclinaison, & pour les 40 minutes de surplus de latitude. Un degré entier d'augmentation dans la déclinaison fait diminuer l'heure du lever du Soleil de 6 minutes. Ainsi 10 minutes dans la déclinaison doivent produire une diminution d'une minute dans l'heure du lever. On trouvera par une opération à peu près semblable, que les 40 minutes de surplus dans la latitude font diminuer l'heure du lever de 2 minutes. Ainsi, tout compté, il faut retrancher 3 minutes. On aura 4 heures 43 min. pour le lever; & si on l'ôte de 12 heures, on aura 7 heures 17 min. pour le coucher.

II.

Trouver l'Heure du Lever & du Coucher du Soleil en traçant une Figure.

105. Supposé qu'on n'eût pas entre les mains la Table du lever & du coucher du Soleil, on a plusieurs moyens assez faciles d'y suppléer. Celui que nous allons expliquer le premier est un peu long; mais il est propre à éclairer les commençans, & à leur donner des idées plus nettes de beaucoup de choses qu'ils ont un grand intérêt de bien sçavoir.

106. On fait une *Figure* semblable à la 72me; mais on la rend plus grande, afin que l'opération soit plus exacte. On décrit un cercle *HZOQ* en lui donnant pour rayon la longueur de la corde de 60 deg. si l'on a une échelle des cordes d'une grandeur commode: ce cercle représente le Méridien. On tire un diamétre *HO*, pour marquer l'Horison, & on fait l'arc *NO* égal à la hauteur polaire ou à la latitude du lieu où l'on est. Si on est par 50 degrez de latitude, nous ferons l'arc *ON* de 50 deg. nous mettrons le même nombre de degrez depuis *H* jusqu'en *S*; & ayant conduit l'axe du monde *NS*, on lui élève la perpendiculaire *EQ* qui représente l'Equateur. On peut, si l'on veut pour tirer cette seconde ligne, mettre depuis *H* jusqu'en *E* le complément de la latitude. Car c'est la même chose que si on faisoit *EZ* égal à la latitude. Fig. 72.

107. On cherchera après cela la déclinaison du Soleil dans les Tables, & on mettra le même nombre de degrez depuis *E* jusqu'en *F*, & depuis *Q* jusqu'en *G*, si l'Astre est du côté du Nord ou du côté du Pole élevé. Si la déclinaison du Soleil étoit au contraire méridionale, on marqueroit les deux points *F* & *G* de l'autre côté de l'Equateur. Comme nous voulons que notre Figure répon-

Fig. 72. de à l'exemple proposé au N°. 103, nous ferons *E F* & *Q G* de 15 degrez. Nous tirerons après cela la ligne droite *F G* qui représente le parallele que décrit le Soleil. Le point le plus bas représente le point de minuit, le point *S* est celui du lever, & *F* le point de midi. Ainsi pour découvrir à quelle heure le Soleil se lève, il s'agit de sçavoir combien cet Astre met de tems à se rendre de *G* en *S*, à proportion de tout le chemin *G F* qu'il fait en 12 heures depuis minuit jusqu'à midi.

108. Je prends le milieu de *FG*; j'aurai en *D* le point de six heures. De ce point comme centre je décris le demi-cercle *FKG*; je le divise en 12 parties égales pour représenter les 12 heures, & tirant ensuite du point *S* une parallele *SI* à l'axe *SN*, elle vient me marquer en *I* sur le demi-cercle l'instant du lever du Soleil. Nous n'avons marqué que les heures sur le demi-cercle *FKG*; mais on peut diviser une des parties par la moitié, & on aura une demie-heure ou 30 minutes. On peut encore diviser par la moitié une de ces secondes parties, & on aura un quart-d'heure ou 15 minutes. On en prendra ensuite le tiers qui sera de 5 minutes, & il ne restera plus par conséquent qu'à le diviser en cinq parties égales pour avoir des minutes. C'est de cette sorte qu'on reconnoîtra que la ligne *S I* indique 4 heures 46 min. pour le lever du Soleil.

109. Les raisons sur lesquelles l'opération précédente est fondée, se présentent assez aux Lecteurs. La Figure doit être supposée mise verticalement, & dirigée Nord & Sud; puisque le cercle *H Z O Q* est le Méridien. Nous avons dit que le parallele *FG* représentoit le demi-cercle que le Soleil traçoit en 12 heures : ce demi-cercle est plutôt représenté par *FKG* que nous avons divisé en 12 parties égales. Nous les avons fait commencer en *G* : c'est pourquoi elles sont les heures du matin, au lieu qu'elles seroient les heures du soir, si nous les avions marquées dans un ordre contraire. Tout ce qu'il nous reste à re-

marquer, c'eſt que le demi-cercle *FKG* n'eſt pas dans ſa vraie ſituation. Il doit toujours avoir *FG* pour diamétre; mais il faut, en le détachant vers *K*, l'élever par la penſée, de maniére qu'il ſoit perpendiculaire au plan du Méridien, & le point *I* viendra ſe mettre réellement dans l'Horiſon, qu'il faut concevoir comme un cercle, quoique nous le repréſentions ici par la ſeule ligne droite *HO*. Fig. 72.

III.

Trouver l'Heure qu'il eſt, lorſque le Soleil eſt parvenu à une certaine Hauteur.

110. On peut, en ſe ſervant d'une Figure conſtruite de la même maniére, découvrir l'heure qu'il eſt, lorſque le Soleil eſt parvenu à une certaine hauteur. Quelquefois les Pilotes réglent leurs Horloges ſur le paſſage du Soleil par le Méridien, lorſqu'ils prennent hauteur: mais cette méthode eſt tout-à-fait défectueuſe, parce que la hauteur du Soleil vers midi peut ſe trouver ſenſiblement la même pendant un tems très-conſidérable: au lieu que ce n'eſt pas la même choſe, lorſque le Soleil eſt vers l'Orient ou vers l'Occident. Outre cela, l'opération que nous allons expliquer, n'eſt ni longue, ni difficile.

111. Suppoſons que la latitude ſoit de 50 deg. & la déclinaiſon du Soleil de 15 deg. du côté du Pole élevé, la figure ſera déja faite en partie, ſi on s'eſt conformé à ce que nous venons de dire dans l'Article précédent. Suppoſons de plus que quelques heures après le lever du Soleil, ou quelques heures avant ſon coucher on obſerve avec le nouvel Octans Anglois la hauteur de cet Aſtre, & qu'on la trouve de 35 deg. nous porterons ce nombre de degrez au-deſſus de l'Horiſon depuis *H* juſqu'en M, & depuis *O* juſqu'en *P*, & nous tirerons la ligne droite *MP*, qui ſera parallele à l'Horiſon, & qui tiendra lieu d'un almicantarat. Cette ligne coupera le parallele *FG*

Fig. 72. en R, & il eſt évident que le Soleil, lorſqu'on l'a obſervé à 35 deg. de hauteur, répondoit à ce point R.

112. Il ne reſtera plus qu'à tirer RT parallelement à l'axe SN, & on aura le point T, où étoit réellement le Soleil; pourvû qu'on imagine que le demi cercle FTG ſoit élevé perpendiculairement ſur le plan du Méridien. Ce point T indique 8 heures 29 min. & c'eſt l'heure requiſe. Suppoſé donc que les Montres ou Horloges qu'on a dans le Navire ayent marqué cette même heure dans l'inſtant de l'obſervation, on ſera aſſuré qu'elles alloient bien; & ſi on trouve au contraire quelque différence, on ſçaura de combien elles s'écartoient du Ciel.

IV.

Trouver l'Heure qu'il eſt la Nuit, en obſervant la Hauteur d'une Etoile.

113. On pourra par une opération ſemblable déterminer la ſituation d'une Etoile par rapport à ſa révolution de 24 heures. Sçachant la déclinaiſon de cette Etoile on tracera ſon parallele FG, ou le demi cercle FKG qu'elle décrit réellement depuis ſon paſſage par le Méridien au-deſſous de la Terre, juſqu'à ſon paſſage par le Méridien au-deſſus de nous. Nous ſuppoſons qu'on obſerve ſa hauteur lorſqu'elle eſt vers l'Orient ou vers l'Occident. Il n'y a après cela qu'à mettre au-deſſus de l'Horiſon, depuis H juſqu'en M, & depuis O juſqu'en P, le nombre de degrez qu'on aura trouvé, & tirant l'almicantarat MP, ſon interſection R avec le parallele répondra au point où étoit l'Etoile. On tirera RT parallelement à l'axe SN du Monde, & le point T donneroit exactement l'heure de l'obſervation, ſi le Soleil & l'Etoile étoient exactement dans le même cercle horaire, ou s'ils avoient la même aſcenſion droite. Mais quoique nous ſçachions la ſituation de l'Etoile par rapport au Méridien, nous ne ſçavons pas

encore celle du Soleil; & c'eſt néanmoins cette derniere qui régle l'heure.

114. Il reſte donc à comparer l'aſcenſion droite des deux Aſtres. On cherchera l'aſcenſion droite de l'Etoile, & celle du Soleil pour le tems de l'obſervation; & on ôtera l'une de l'autre pour avoir la différence qu'on réduira en heures. Si l'aſcenſion droite du Soleil eſt la plus grande, cet Aſtre ſera plus vers l'Orient. L'Etoile répond, par exemple, au point de 8 heures 29 min. mais l'aſcenſion droite du Soleil eſt plus grande que celle de l'Etoile de 105 deg. ou de 7 heures. Cet Aſtre ſera donc moins avancé de cette quantité dans l'ordre des heures, & il ne ſera alors que 1 heure 29 min. du matin. Si la différence des aſcenſions droites étoit de 135 deg. ou de 9 heures, & que celle du Soleil fût toujours plus grande, cet Aſtre ſeroit au-deſſous de l'Horiſon de l'autre côté du Méridien; il ſeroit 11 heures 29 min. du ſoir; ce qu'on trouve en retranchant de 8 heures 29 min. ou de 20 heures 29 min. la différence en aſcenſion droite 9 heures.

115. Suppoſé que l'aſcenſion droite du Soleil fût moindre que celle de l'Etoile, le premier de ces deux Aſtres ſeroit plus vers l'Oueſt, & on trouveroit avec la même facilité ſa ſituation préciſe par rapport au Méridien. Si la différence des aſcenſions droites étoit de 195 degrez, ou de 13 heures, on compteroit cet intervalle ſelon l'ordre des heures, en commençant à l'Etoile que nous ſuppoſons toujours être en *R* ou en *T*, au point de 8 heures 29 min. & on reconnoîtroit que le Soleil eſt à celui de 21 heures 29 min. Ainſi il ſeroit alors 9 heures 29 min. du ſoir.

Moyen de découvrir l'Heure la Nuit par le Paſſage des Etoiles par le Méridien.

116. On ſe diſpenſera de faire une figure, ſi on ſe ſert des Cartes du Ciel, & qu'on obſerve les Etoiles qui paſſent au Méridien. On s'aſſurera du tems de ce paſſa-

ge, en regardant ſur une Bouſſole les Etoiles qui répondent exactement au Nord ou au Sud, ou bien en conſidérant ſi elles ſe trouvent au-deſſus ou au-deſſous de l'Etoile polaire. On peut dans cette rencontre confondre l'Etoile polaire avec le Pole, & on pourra s'aider quelquefois d'un fil à plomb pour s'aſſurer ſi les Etoiles ſont exactement au-deſſus ou au-deſſous de la Polaire.

117. Après qu'on aura reconnu les Etoiles qui paſſent actuellement au Méridien, on orientera la Carte ſelon l'état du Ciel. Il ſera bon pour cela d'avoir des Cartes céleſtes, ſemblables à celles qui ſont à la fin de ce Traité, mais qui ſoient collées à part ſur des feuilles de carton. On mettra en haut dans ces Cartes, ce qui eſt en haut dans le Ciel, & vers l'Orient ce qui eſt vers l'Orient. On placera enſuite le Soleil ſelon ſon aſcenſion droite, qu'on cherchera dans les tables du Livre précédent, ou qu'on trouvera à peu près ſur la Carte céleſte même. L'entrée du Soleil dans chaque ſigne y eſt marquée; & cet Aſtre, comme on le ſçait, fait environ un degré par jour, dans l'ordre des ſignes. Ainſi on peut marquer à peu près le point de l'Ecliptique où eſt cet Aſtre. On verra à quel point de l'Equateur il répond, & ayant de cette ſorte ſa ſituation, par rapport à l'Etoile, ou par rapport au Méridien, il n'y aura plus qu'à compter les heures d'intervalle, en prenant comme à l'ordinaire, 15 degrez ſur l'Equateur pour chaque heure, & un degré pour quatre minutes d'heure.

118. Suppoſons que l'obſervation ſe faſſe le 30 Juin. On voit paſſer au Méridien *Arcturus*, qui eſt une Etoile de la premiére grandeur, dans le bas de la robe de Bootès, & on demande l'heure qu'il eſt alors. Cette Etoile a environ 211 deg. d'aſcenſion droite; on mettra en haut ce point de l'Equateur, pour donner à la Carte la ſituation convenable. D'un autre côté le Soleil entre en *Cancer* le 21 Juin, il doit le 30 être avancé dans ce ſigne d'environ 9 degrez; & ce point répond à peu près au 100 degré d'aſcenſion droite. On peut conſidérer outre cela le Soleil

Soleil comme s'il étoit sur l'Equateur même : car la déclinaison n'apporte aucun changement à la distance horaire d'un Astre au Méridien. On marquera, si l'on veut, dans la Carte, en y piquant des épingles, ces deux points de 211 degrez & de 100 d'ascension droite sur la circonférence de l'Equateur; & on n'aura plus qu'à compter combien il y a d'heures depuis un de ces points jusqu'à l'autre. On trouvera 7 heures, & de plus 6 degrez qui valent 24 min. d'heure. Ainsi lorsqu'*Arcturus* passera au Méridien le 30 Juin, il sera 7 heures 24 min. du soir.

119. Au surplus on ne se sert de la Carte du Ciel que pour s'épargner un calcul qui est très-court : on peut, si l'on veut, prendre pour régle d'ôter toujours l'ascension droite du Soleil de celle de l'Etoile, & si cette derniére n'est pas assez grande, il n'y aura qu'à ajouter 360 degrez avant que de faire la soustraction. Le reste qu'on évaluera à 15 degrez par heure, donnera les heures écoulées depuis midi; puisque la quantité trouvée exprimera combien le Soleil a moins d'ascension droite que l'Etoile, ou combien il est plus vers l'Ouest. Supposé qu'on trouvât exactement 12 heures, ce seroit une marque que le Soleil est au Méridien sous la Terre, lorsque l'Etoile passe au Méridien au-dessus; & s'il vient plus de 12 heures, le surplus sera des heures du matin. Une Etoile a, par exemple, 15 degrez d'Ascension droite, & le Soleil en a 130. Je remarque que 15 degrez est précisément la même chose, en fait d'Ascension droite, que 375; & si on retranche l'Ascension droite du Soleil de ce dernier nombre, il viendra 245 dont le Soleil est à l'Ouest, ou dont il est éloigné du Méridien, puisqu'on suppose que l'Etoile est alors sur ce cercle. Mais ces 245 degrez valent 16 heures 20 minutes, ce qui nous apprend que le Soleil est de 4^{h}. 20^{m}. au-delà de la moitié du Méridien qui est au-dessous de la Terre; & qu'il est donc 4^{h}. 20^{m}. du matin, lorsque l'Etoile passe au Méridien.

V.

Méthode de trouver par le Calcul l'Heure du Lever & du Coucher du Soleil.

120. » Les résultats aufquels nous fommes parvenus » par le moyen d'une Figure, lorfqu'on connoît la hauteur » de l'Aftre, font donnés avec plus de précifion par le » calcul. S'il s'agit de l'heure du lever ou du coucher du » Soleil, on n'a qu'à faire cette analogie : *le Sinus total eft » à la Tangente de la déclinaifon du Soleil, comme la Tan- » gente de la latitude eft à un quatriéme terme*; & on aura » le Sinus de la quantité dont le Soleil fe lève ou fe cou- » che avant ou après 6 heures. C'eft-à-dire, qu'on trou- » vera le Sinus de la valeur de *D S*, ou plutôt de *K I* ex- » primée en degrez.

121. » Suppofé qu'on foit par 50 degrez 40 min. de » latitude, & que la déclinaifon du Soleil foit de 15 deg. » 10 min. on aura pour les trois premiers termes de l'ana- » logie ou régle de Trois que nous venons d'indiquer, » les nombres fuivans; 100000.... 27107 & 122031, & » fi on acheve la régle de Trois, il viendra prefque 33080, » qui répond entre les Sinus, à 19^{d}. 19^{m}. qu'il faut con- » vertir en tems, & on aura une heure 17 min. 16 fecon- » des pour la quantité dont le Soleil fe léve avant ou après » fix heures. Suppofé qu'on foit en Eté, le Soleil fe levera » avant fix heures, & on aura 4 heures 42 min. 44 fec. au » lieu qu'il viendra 7 heures 17 min. 16 fec. fi l'on eft en » Hyver.

122. » Lorfqu'on exécutera la même chofe par les Lo- » garithmes, on aura les 3 nombres fuivans 10.0000000.... » 9.4200073..... & 10.0864709. Il faudra, comme on » le fçait, faire une fomme des deux derniers, & en ôter » le premier. On aura 9. 5195513 qui parmi les Logarith- » mes Sinus répond à 19 deg. 19 min. valeur de 1 heure » 17 min. 16 fec. comme ci-deffus.

VI.

Trouver par le Calcul l'Heure qu'il eſt, lorſque le Soleil a une certaine hauteur.

123. Lorſque le Soleil, au lieu d'être à l'Horiſon, « eſt élevé d'une hauteur connue, le calcul, pour trou- « ver l'heure, eſt un peu plus long; mais l'opération eſt « ſuſceptible de la plus grande exactitude, pourvû qu'on « ne néglige rien. Une attention qui eſt néceſſaire, c'eſt « de ne pas faire l'obſervation de la hauteur, lorſque le « Soleil eſt trop bas, parce que les réfractions aſtrono- « miques ſe trouvant alors trop irréguliéres, peuvent al- « térer l'obſervation d'une quantité qu'on ne connoiſſe « pas. Il ne faut pas non plus attendre que le Soleil ſoit « trop voiſin du Méridien, parce que ſa hauteur, comme « nous l'avons déja dit, ne change pas alors d'une maniére « aſſez ſenſible. La circonſtance la plus favorable, eu égard « à ce dernier inconvénient, c'eſt de ſaiſir l'Aſtre, au- « tant qu'on le peut, lorſqu'il eſt aux environs du premier « Vertical, ou lorſqu'il eſt au-deſſus du point précis de « l'Orient ou de l'Occident. «

124. La hauteur du Soleil ayant été obſervée, on en « prendra le complément, qu'on joindra avec le complé- « ment de la hauteur polaire, & la diſtance du Soleil au « Pole élevé. Si l'Aſtre eſt du côté du Pole élevé, il fau- « dra ôter de 90 degrez ſa déclinaiſon; mais s'il étoit du « côté du Pole abaiſſé, il faudroit ajouter ſa déclinaiſon à « 90 degrez, & ce ſeroit cette diſtance qu'on ajouteroit « avec les deux autres complémens. «

125. Les trois quantités dont il s'agit, ſont les trois « côtés d'un triangle formé dans le Ciel, dont les pointes « des trois angles ſont au Zénith, au Soleil & au Pole. « Ce triangle eſt du nombre de ceux qu'on nomme *Sphé-* «

» *riques*, parce qu'il eſt formé ſur la ſurface d'une Sphère » par trois arcs de grands cercles. Un de ſes côtés eſt » l'arc du Méridien compris entre le Pole & le Zénith, » l'autre eſt la portion du Vertical compris entre l'Aſtre » & le Zénith, & le troiſiéme eſt la partie du cercle ho- » raire qui s'étend depuis le Pole juſqu'à l'Aſtre. Ayant » ajouté enſemble ces trois côtés, on prend la moitié de » leur ſomme, & on en ôte ſéparément les deux côtés qui » comprennent l'angle dont la pointe eſt au Pole. C'eſt-à- » dire, qu'on ôtera d'une part le complément de la hau- » teur polaire, & de l'autre la diſtance du Soleil au Pole » élevé. On obtiendra de cette ſorte deux reſtes ou deux » différences.

126. On fera enſuite le reſte de l'opération par les Lo- » garithmes. On fera une ſomme des Logarithmes-Sinus » des deux différences, & on y joindra les complémens » arithmétiques des Logarithmes - Sinus des deux quan- » tités qu'on a ſouſtraites pour avoir les différences. On » nomme le Complément arithmétique d'un Logarith- » me, ſon défaut à 10.0000000. L'addition étant faite, » on prend la moitié de la ſomme, & on cherche cette » moitié dans les Logarithmes-Sinus. Il vient un nombre » de degrez qu'il faut doubler, & on a la diſtance horaire » du Soleil au Méridien, ou l'angle qui dans le triangle » dont nous avons parlé, ſe termine au Pole. On a cet an- » gle en degrez, & on l'évalue en heures.

127. » *Exemple.* On eſt par 50 degrez de latitude; la dé- » clinaiſon du Soleil eſt de 15 deg. vers le Pole qui eſt éle- » vé, & on a obſervé la hauteur du Soleil de 35 degrez. » On demande quelle heure il étoit dans l'inſtant de l'ob- » ſervation ?

128. » La diſtance du Pole au Zénith eſt de 40 de- » grez, complément de la hauteur polaire ou de la lati- » tude; la diſtance du Soleil au Pole eſt de 75 degrez, » complément de la déclinaiſon, & la diſtance du Soleil » au Zénith eſt de 55 degrez, complément de la hau-

teur de cet Aftre. Je fais une fomme de ces trois quan- « tités 40 deg. 75 deg. & 55 ; « je trouve 170, & de la moi- « tié 85 deg. j'ôte féparément « les deux premiers nombres « 40 deg. & 75, ce qui me « donne 45 deg. & 10 deg.

129. Je fais enfuite une « fomme des quatre nombres « fuivans ; les Logarithmes-Si- « nus des deux différences 45^{d}. « & 10 deg. & les complé- « mens arithmétiques des Lo- « garithmes-Sinus de 40^{d}. & « de 75^{d}. Pour avoir ces com- « plémens arithmétiques, je « prends les reftes à 10.0000000; ce qu'on peut faire même en tranfcrivant ces nombres. « La moitié de la fomme du tout eft 9. 6480719 qui ré- « pond dans la Table des Logarithmes-Sinus à un peu plus « de 26 deg. 24 min. & doublant cet arc il me vient « 52 deg. 49 min. pour la diftance horaire du Soleil au « Méridien, ou pour la valeur de l'arc *TF* dans la *Figure* « 72. Enfin on réduit cette diftance en heure, & il vient « 3 heures 31 min. 16 fec. Ainfi fi l'obfervation a été faite « le foir, on devoit compter déja 3 heures 31 min. 16 fec. « depuis midi; & fi l'obfervation a été faite le matin, il « étoit 8 heures 28 min. 44 fec. «

40 deg.	Diftance du Pole au Zénith.
75 deg.	Diftance du Soleil au Pole.
55 deg.	Diftance du Soleil au Zénith.
170 deg.	
85 deg.	
40 deg.	Diftance du Pole au Zénith.
45 deg.	Premiere différence.
85 deg.	
75 deg.	Diftance du Soleil au Pole.
10 deg.	Seconde différence.
9.8494850	Log. Sin. de la 1. différence.
9.2396702	Log. Sin. de la 2. différence.
1919325	Comp. arith. du Log. Sinus de 40 deg.
0150562	Comp. arith. du Log. Sinus de 75 deg.
19.2961439	
9.6480719	Log. Sin. de 26 d. 24 m.
	26 24
	52 d. 49 m. valeur de 3 heur. 31 min. 16 fec.

130. *Second Exemple.* On eft par 30 deg. 10 min. de « latitude méridionale, lorfque la déclinaifon du Soleil « eft de 20 deg. 6 min. feptentrionale : on obferve la hau- « teur de cet Aftre, & on la trouve de 10 deg. 28 min. On « demande quelle heure il eft dans cet inftant ?

131. Le complément de la latitude eft de 59 deg. « 50 min. la diftance du Soleil au Pole élevé eft de 110^{d}. « 6 min. puifque l'Aftre eft du côté du Nord, & qu'on eft «

» par une latitude méridionale ; la diſtance du Soleil au Zé-
» nith eſt de 79 deg. 32 min. la ſomme de ces trois quan-
» tités eſt 249 deg. 28 min. & ſi de la moitié de cette
» ſomme on ôte ſéparément les deux premiers nombres,
» on aura les deux différences 64 deg. 54 min. & 14 deg.
» 38 min.

132. » Je fais enſuite une ſomme des Logarithmes-Sinus des deux différences & des deux complémens arithmétiques des Log. Sin. de 59 d. 50 min. & de 110 deg. 6 min. Ce dernier nombre ne ſe trouve pas dans les Tables ; mais on cherche à ſa place le reſte à 180 deg. il vient 69 d. 54 min. & c'eſt du Log. Sinus de ce dernier arc dont on prend le complément arithmétique. La moitié de la ſomme, lorſqu'on la cherche dans les Logarithmes-Sinus, répond à 32 deg. 4 min. & ſi on en prend le double, il vient 64 deg. 8 min. valeur de 4 heures 16 min. 32 ſec. pour la diſtance horaire du Soleil au Méridien. Ainſi lorſqu'on a fait l'obſervation, il étoit 4 heures 16 m. 32 ſec. après midi ou avant midi. Si la hauteur du Soleil a été priſe le matin, il étoit 7 heures 43 min. 28 ſec. & ſuppoſé que les Horloges marquaſſent alors 7 heures 40 min. ce ſeroit une marque qu'elles retardoient de 3 m. 28 ſec.

9.9569215	
9.4024889	
632012	
272908	
19.4499024	
9.7249512	Log. Sinus de 32 d. 4 m.
	32 4
	64 d. 8 m. valeur de 4 h. 16 m. 32 ſec.

VII.

Moyen de ſuppléer par l'Echelle des Logarithmes à la partie du Calcul précédent qu'on fait par les Tables des Logarithmes.

133. » On réduit les Logarithmes en Echelles qu'on » grave ordinairement ſur des régles de buis, & toutes les » opérations qu'on fait par ces nombres, ſe peuvent imiter ſur ces regles. Nous avons tracé de ces échelles au bas

d'une des Cartes qui sont à la fin de ce Traité : on peut « les séparer de la Carte, & les coller à part sur une régle « ou sur un morceau de carton. On s'en servira toutes les « fois qu'il n'importera pas de découvrir l'heure avec une « très-grande exactitude. On fera, comme ci-devant, une « somme des trois côtés du triangle que nous avons consi- « déré dans le Ciel : on prendra la moitié de cette somme, « & on en ôtera successivement les deux côtés qui com- « prennent l'angle au Pole ; ce qui donnera les deux diffé- « rences. On les comptera sur l'Echelle des Logarithmes- « Sinus, c'est-à-dire, sur la seconde des trois qu'on voit « au bas de la Carte, & on cherchera avec un compas le « point précis du milieu. S'il s'agit du premier exemple « que nous nous sommes proposé N°. 127. nous avons eu « 45 deg. & 10 deg. pour les deux différences, & on trou- « vera que le point du milieu sur l'Echelle des Logarith- « mes-Sinus est à très-peu près 20$\frac{1}{2}$ degrez, qui marquent « déja la moitié de la somme des deux premiers Logarith- « mes-Sinus. «

134. On cherchera de même le point du milieu sur l'E- « chelle entre le complément de la hauteur polaire & la « distance de l'Astre au Pole élevé. On trouvera dans cet « exemple à peu près 52 deg. pour ce point ; on en pren- « dra avec le compas la distance jusqu'à l'extrémité de l'E- « chelle, ou jusqu'à 90 deg. pour avoir le complément « arithmétique. Enfin on transportera le compas sans en « changer l'ouverture ; & mettant une de ses pointes sur le « premier point de milieu (sur 20$\frac{1}{2}$ deg. pour l'Exemple « proposé,) l'autre pointe qui sera vers la droite, nous mar- « quera un nombre de degrez qu'il n'y aura qu'à doubler, « & on aura l'angle horaire. Le nombre marqué sera ici « 26$\frac{1}{2}$ deg. dont le double est 53 deg. qui valent 3 heures « 32 min. pour la distance du Soleil au Méridien ; ce qui « ne différe pas d'une minute entiére de ce que nous « avons trouvé par le calcul. «

135. Ce sera la même chose si on a observé la hau- «

» teur d'une Etoile ou d'une Planéte pendant la nuit; on
» trouvera par la Méthode précédente combien l'Etoile
» est éloignée du Méridien : mais cela ne suffira pas ; il
» faudra, comme nous l'avons fait ci-devant, voir de com-
» bien est la différence des ascensions droites réduites
» en heures, ou la quantité dont le Soleil est plus vers
» l'Orient ou vers l'Occident que l'Etoile ; & déterminer
» dans quel autre cercle horaire est alors le Soleil. Nous
» pourrions nous dispenser de répéter que l'ascension droi-
» te du Soleil dont on doit se servir, n'est pas celle qu'a
» l'Astre lorsqu'il est midi, mais celle qu'il a au tems de
» l'observation. Supposé qu'on eût cherché l'ascension
» droite pour une heure trop différente de la vraie, il n'y
» auroit qu'à commencer une seconde fois la derniere
» partie du calcul, ayant égard à la différence des heures
» & à la différence des Méridiens. »

VIII.

Méthode de régler les Montres ou Horloges par les Hauteurs correspondantes du Soleil prises le matin & le soir.

136. Voici un autre moyen qu'on trouvera peut-être plus simple, de régler les Horloges ou Montres, ou de connoître leur état. On n'a le matin, lorsque le Soleil est à peu près à une hauteur moyenne entre l'Horison & le Méridien, & lorsqu'il est aux environs du premier vertical, s'il est possible, qu'à observer sa hauteur, & marquer l'instant précis de l'observation. Le soir on attendra que le Soleil soit descendu exactement à la même hauteur ; on l'observera, & il faudra encore remarquer avec soin l'instant de cette seconde observation. Il n'importe guère de combien soient ces hauteurs, pourvû qu'elles soient égales ; le nouvel Octans Anglois mettra le Pilote en état de bien s'assurer de cette égalité ; mais il suffira après tout de se

se servir de l'Arbalestrille. Les deux hauteurs étant parfaitement égales, l'Astre sera également éloigné du Méridien dans un cas que dans l'autre ; & les deux observations seront exactement correspondantes. Ainsi il n'y aura qu'à prendre le milieu des deux instans, & on aura l'heure que marquoit l'Horloge, lorsqu'il étoit précisément midi.

137. Supposé qu'il fût 9 heures 45 min. à la Montre, lorsqu'on a observé la hauteur du Soleil le matin, & qu'il fût 2 heures 23 min. 30″, le soir dans l'instant qu'on a trouvé l'Astre à la même hauteur du côté de l'Occident, on considérera que 2 heures 23 min. 30″ du soir est la même chose que 14 heures 23 min. 30″, comptées depuis minuit. On ajoutera ce dernier nombre avec 9 heures 45 min. du matin ; il viendra 24 heures 8 min. 30″, & prenant la moitié de la somme, on aura 12 heures 4 min. 15″, pour l'heure que marquoit la Montre à midi.

138. On fera la même chose le lendemain, en prenant le matin & le soir, des hauteurs correspondantes plus grandes ou plus petites, si l'on veut, que celles du jour précédent, mais qui soient égales entre elles : & si on trouve que la Montre marque également 12 heures 4 min. 15″ à midi, on en conclura qu'elle suit exactement le mouvement du Soleil à l'égard de l'Observateur, mais qu'elle est toujours de 4 min. 15 sec. trop avancée. Si au lieu de trouver 12 heures 4 min. 15″, on trouvoit 12 heures 6 min. 45″, la révolution de l'Horloge ne s'accorderoit pas avec le retour des midis, il faudroit regarder les 2 min. 30″, dont elle avanceroit de plus, comme un excès survenu dans le cours des 24 heures ; ce qui donneroit 1 min. 15″ en 12 heures, & le reste à proportion. Il faudra toujours avoir égard aux secondes dans les calculs, afin de voir les quantités qu'elles produisent à la fin de tout. Supposé que la Montre dont on se servît ne marquât pas les secondes, on les estimeroit à peu près, en partageant à la vûe l'espace de la minute.

139. Je me suis servi plusieurs fois en Mer de cette méthode ; je vais, par forme d'exemple, rapporter une des applications que j'en ai faites en traversant notre Océan, pour aller au Pérou. Le 12 Juin 1735, au lieu de ne prendre avec l'Octans Anglois qu'une seule hauteur du Soleil le matin, j'en pris cinq, afin qu'elles se confirmassent réciproquement. Je les faisois se surpasser les unes les autres de 40 min. la premiére étoit de 44 deg. 40 min. que je pris lorsqu'il étoit 9 heures 7 min. 23″ à ma Montre. On a encore souvent un motif pour multiplier ces sortes d'observations : le Ciel peut, en se couvrant de nuages, empêcher qu'on n'ait le soir les correspondantes de toutes celles qu'on a observées le matin ; & lorsqu'on en a plusieurs, les unes peuvent suppléer aux autres.

140. On voit bien que les plus grandes hauteurs se présentent à l'Observateur les premieres le soir. Le Soleil eut 47 deg. 40 min. à 3 heures 32 min. 57″; mais j'écrivis 15 heures 32 min. 57″, en ajoutant 12 heures : les autres hauteurs suivirent ; & la derniere fut observée à 3 heures 44 min. 32″, que j'écrivis 15 heures 44 min. 32″. J'ai marqué ci-dessous les instans des observations de suite, & de haut en bas dans la premiere colonne pour le matin ; au lieu que le soir il a fallu les écrire de bas en haut.

Le Matin.			Hauteurs du centre du Soleil.		Le Soir.			Midis.		
Heur.	Min.	Second.	Degrez.	Minutes.	Heures.	Minutes.	Second.	Heures.	Minutes.	Second.
9	7	23	44	40	15	44	32	12	25	57½
9	10	37	45	20	15	41	27	12	26	2
9	13	32	46	20	15	38	39	12	26	5½
9	16	21	47	0	15	35	54	12	26	7½
9	19	18	47	40	15	32	57	12	26	7½

141. Chaque observation du matin ayant eu sa correspondance le soir, je pus en conclure, en les considérant deux à deux, l'heure que marquoit ma Montre, lorsqu'il

étoit exactement midi; & on verra que les cinq résultats ne différent guère les uns des autres. J'ajoutai d'abord 9 heures 7 min. 23″ avec 15 heures 44 min. 32″; il me vint 24 heures 51 min. 55″, dont je pris la moitié 12 heures 25 min. $57\frac{1}{2}$″; ce qui m'apprit que ma Montre ne marquoit pas exactement le midi avec le Soleil, mais qu'elle avançoit de 25 min. $57\frac{1}{2}$″. Si on s'en rapporte aux autres observations correspondantes, elle avançoit encore un peu davantage. On peut, si l'on veut, chercher la quantité moyenne pour s'y arrêter. Il n'y a qu'à ajouter ensemble les cinq différens résultats, & prendre la cinquiéme partie de leur somme : on prendroit la sixiéme partie, si l'on avoit six résultats. Il viendra presque 26$^{m.}$ 4″ pour la quantité dont la Montre avançoit à midi.

142. « La méthode précédente de trouver le midi « n'auroit besoin d'aucune correction, si le Soleil, lorsqu'il revient à sa même hauteur le soir, avoit précisément la même déclinaison que le matin. Mais l'Astre « changeant de place, par rapport à l'Equateur, les circonstances ne sont pas absolument les mêmes vers l'Occident que vers l'Orient, & il faut avoir égard au changement. On trouvera dans le Livre de la Connoissance « des tems, que l'Académie des Sciences fait publier chaque année, des Tables auxquelles on pourra avoir recours. Lorsque je pris les hauteurs que je viens de rapporter, nous avions déja passé le Tropique, & nous « n'étions guère éloignés de l'Equateur que de 20 degrez. « La Table qui convient à cette latitude dans la Connoissance des Tems, est à la page 86. Si on la consulte « en cherchant en haut, 6 heures & demie, qui est à peu « près l'intervalle qu'il y eut entre les observations du « soir & du matin, & qu'on s'arrête en même tems vis-à-vis de 23 degrez, qui étoit à peu près la déclinaison « qu'avoit alors le Soleil, on verra que dans ce cas particulier, il n'y avoit aucune correction à faire au midi « pour le changement en déclinaison. «

143. » Si j'avois mis un plus grand invervalle entre » les obfervations, comme 9 heures, par exemple, il » m'eût fallu enfuite ôter 1 fec. du midi trouvé ci-devant. » On ajoute la correction qu'indique la Table, lorfque le » Soleil eft dans les fignes defcendans, c'eft-à-dire, lorf- » qu'il avance vers le Pole abaiffé; & on la retranche au » contraire, lorfque le Soleil fe trouve dans les fignes » afcendans, ou lorfqu'il s'approche du Pole élevé. C'eft » ce fecond cas qui avoit lieu; le Soleil s'approchoit du » Pole du Nord le 12 de Juin: ainfi en fuppofant 9 heures » d'intervalle entre mes obfervations, ma Montre, au lieu » de marquer 12 heures 25 min. 4″ à midi, eût marqué » 12 heures 25 min. 3″.

144. » La correction devient beaucoup plus forte, lorf- » que l'Obfervateur eft par une grande latitude, & lorf- » qu'au contraire le Soleil a peu de déclinaifon. Nous » avons trouvé dans le premier Exemple que nous nous » fommes propofé N°. 137. que notre Horloge avançoit de » 4 min. 15″: mais fi nous fuppofons que cette obferva- » tion a été faite le 30 Mars 1752 par 60 degrez de lati- » tude Sud, il faudra faire un changement affez confidé- » rable au midi trouvé, quoique l'intervalle entre les ob- » fervations n'ait pas été de 4 heures 3 quarts. On con- » fultera la Table de la page 90 de la Connoiffance des » Tems, qui eft pour 60 degrez de latitude; la déclinaifon » le 30 Mars 1752, étoit d'environ 4 degrez Nord, & fi » on cherche vis-à-vis de ce nombre & au-deffous de 4^h » & demie, on trouvera $28\frac{1}{2}$″ ou $28\frac{3}{4}$″ pour la corre- » ction requife.

145. » Il faut bien remarquer que nous ne devons pas » nous borner dans la Marine aux titres de déclinaifons » Septentrionales & Méridionales marqués dans les Ta- » bles dont nous nous fervons ici: il faut que nous diftin- » guions les déclinaifons felon qu'elles font du côté du » Pole élevé, ou du Pole abaiffé. S'il s'agit ici toujours » du même exemple, pour le 30 Mars 1752, la décli-

naïſon étoit Nord, & l'Obſervateur étoit par une lati- «
tude Sud; le Soleil étoit donc du côté du Pole abaiſſé; «
ce qui eſt équivalent à une déclinaiſon Méridionale pour «
ces Pays-ci. Outre cela le Soleil avançoit vers le Pole «
du Nord qui étoit abaiſſé; ainſi il étoit dans un ſigne «
deſcendant pour notre Obſervateur, il faut donc ajouter «
les 28 $\frac{1}{2}$″: & il ſuit de-là que l'Horloge, au lieu de mar- «
quer 12 heures 4 min. 15″, lorſqu'il étoit préciſément «
midi, marquoit 12 heures 4 min. 43 $\frac{1}{2}$″, ou qu'elle avan- «
çoit de 4 min. 43 $\frac{1}{2}$″. »



146. *TABLE du Lever & du Coucher du Soleil.*

DÉCLINAISONS.

HAUTEURS POLAIRES.

Degrez.	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	H.	M.	H.	M.	H.	M.	H.	M.	H.	M.	H.	M.	H.	M.	H.	M.	H.	M.	H.	M.	H.	M.	H.	M.
2	6	0	6	0	6	0	6	0	5	59	5	59	5	59	5	59	5	58	5	58	5	58	5	58
4	6	0	5	59	5	59	5	58	5	58	5	58	5	57	5	57	5	57	5	56	5	56	5	56
6	6	0	5	59	5	59	5	58	5	58	5	57	5	56	5	56	5	56	5	55	5	55	5	54
8	5	59	5	58	5	58	5	57	5	57	5	56	5	56	5	55	5	54	5	54	5	53	5	52
10	5	59	5	58	5	58	5	57	5	56	5	55	5	55	5	54	5	53	5	53	5	51	5	51
12	5	59	5	58	5	57	5	56	5	55	5	54	5	54	5	53	5	52	5	52	5	50	5	49
14	5	59	5	57	5	57	5	55	5	55	5	53	5	53	5	52	5	51	5	50	5	49	5	48
16	5	58	5	57	5	56	5	55	5	54	5	53	5	52	5	51	5	49	5	48	5	47	5	46
18	5	58	5	57	5	56	5	54	5	53	5	52	5	51	5	49	5	47	5	46	5	45	5	44
20	5	58	5	56	5	56	5	53	5	53	5	51	5	50	5	48	5	46	5	45	5	43	5	42
22	5	58	5	56	5	55	5	53	5	52	5	50	5	48	5	47	5	45	5	43	5	41	5	40
24	5	58	5	56	5	55	5	52	5	51	5	49	5	47	5	45	5	43	5	41	5	39	5	38
26	5	58	5	56	5	54	5	51	5	50	5	48	5	46	5	44	5	42	5	40	5	37	5	36
28	5	58	5	55	5	54	5	51	5	49	5	47	5	45	5	42	5	40	5	38	5	36	5	34
30	5	57	5	55	5	53	5	50	5	48	5	46	5	43	5	41	5	39	5	37	5	35	5	32
31	5	57	5	55	5	53	5	50	5	48	5	45	5	42	5	40	5	38	5	36	5	34	5	31
32	5	57	5	55	5	53	5	49	5	47	5	45	5	42	5	40	5	37	5	35	5	33	5	29
33	5	57	5	55	5	52	5	49	5	46	5	44	5	41	5	38	5	36	5	34	5	31	5	27
34	5	57	5	54	5	52	5	48	5	46	5	43	5	40	5	37	5	35	5	33	5	30	5	26
35	5	57	5	54	5	51	5	48	5	45	5	42	5	39	5	36	5	34	5	31	5	29	5	24
36	5	57	5	54	5	51	5	48	5	45	5	42	5	39	5	36	5	33	5	30	5	28	5	23
37	5	57	5	54	5	51	5	47	5	44	5	41	5	38	5	35	5	32	5	29	5	26	5	22
38	5	57	5	54	5	50	5	47	5	44	5	41	5	38	5	34	5	31	5	28	5	25	5	21
39	5	57	5	53	5	50	5	46	5	43	5	40	5	37	5	34	5	30	5	27	5	24	5	20
40	5	57	5	53	5	50	5	46	5	43	5	40	5	37	5	33	5	29	5	26	5	23	5	19
41	5	56	5	53	5	49	5	45	5	42	5	39	5	36	5	32	5	28	5	25	5	22	5	18
42	5	56	5	52	5	49	5	45	5	42	5	38	5	35	5	31	5	27	5	23	5	20	5	16
43	5	56	5	52	5	48	5	44	5	41	5	37	5	34	5	30	5	26	5	22	5	19	5	15
44	5	56	5	52	5	48	5	44	5	40	5	36	5	33	5	29	5	25	5	21	5	17	5	13
45	5	56	5	52	5	48	5	44	5	40	5	35	5	31	5	27	5	23	5	19	5	15	5	11
46	5	56	5	52	5	47	5	43	5	39	5	34	5	30	5	26	5	22	5	18	5	14	5	10
47	5	56	5	51	5	47	5	42	5	38	5	33	5	29	5	25	5	20	5	16	5	12	5	8
48	5	56	5	51	5	46	5	42	5	37	5	32	5	28	5	24	5	19	5	15	5	10	5	6
49	5	55	5	50	5	46	5	41	5	37	5	32	5	27	5	22	5	17	5	13	5	8	5	4
50	5	55	5	50	5	45	5	41	5	36	5	31	5	26	5	21	5	16	5	11	5	6	5	2
51	5	55	5	50	5	45	5	40	5	35	5	30	5	25	5	20	5	15	5	10	5	5	5	0
52	5	55	5	49	5	44	5	40	5	34	5	29	5	24	5	19	5	14	5	8	5	3	4	58
53	5	54	5	49	5	44	5	39	5	33	5	28	5	23	5	17	5	12	5	6	5	1	4	55
54	5	54	5	48	5	43	5	38	5	32	5	26	5	21	5	16	5	10	5	4	4	58	4	52
55	5	54	5	48	5	42	5	37	5	31	5	25	5	20	5	14	5	8	5	2	4	56	4	50
56	5	54	5	48	5	42	5	36	5	30	5	24	5	18	5	12	5	6	4	59	4	53	4	47
57	5	53	5	47	5	41	5	35	5	29	5	23	5	17	5	10	5	4	4	57	4	51	4	44
58	5	53	5	47	5	40	5	34	5	28	5	22	5	15	5	8	5	1	4	54	4	48	4	41
59	5	53	5	46	5	39	5	32	5	26	5	20	5	13	5	6	4	59	4	51	4	45	4	38
60	5	53	5	46	5	39	5	32	5	25	5	18	5	10	5	3	4	56	4	49	4	41	4	33

TABLE du Lever & du Coucher du Soleil.

DE'CLINAISONS.

HAUTEURS POLAIRES.

Degrez.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23½
	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.
2	5 58	5 58	5 58	5 58	5 57	5 57	5 57	5 57	5 57	5 57	5 57	5 57
4	5 56	5 56	5 56	5 56	5 55	5 55	5 55	5 54	5 54	5 54	5 53	5 53
6	5 54	5 54	5 54	5 53	5 52	5 52	5 52	5 51	5 51	5 51	5 50	5 50
8	5 52	5 52	5 52	5 51	5 50	5 49	5 49	5 48	5 48	5 48	5 46	5 46
10	5 50	5 49	5 49	5 48	5 47	5 46	5 46	5 45	5 44	5 44	5 43	5 42
12	5 48	5 47	5 47	5 46	5 45	5 44	5 43	5 42	5 41	5 40	5 39	5 39
14	5 46	5 45	5 45	5 44	5 43	5 41	5 40	5 39	5 38	5 37	5 36	5 36
16	5 44	5 43	5 43	5 42	5 40	5 39	5 37	5 36	5 35	5 33	5 32	5 32
18	5 42	5 41	5 41	5 40	5 38	5 36	5 34	5 33	5 32	5 30	5 28	5 28
20	5 40	5 39	5 38	5 37	5 35	5 34	5 32	5 30	5 28	5 26	5 24	5 24
22	5 38	5 36	5 35	5 34	5 32	5 31	5 29	5 26	5 24	5 22	5 20	5 19
24	5 36	5 34	5 33	5 31	5 29	5 27	5 25	5 23	5 20	5 17	5 16	5 15
26	5 34	5 32	5 30	5 28	5 26	5 23	5 22	5 19	5 16	5 13	5 12	5 11
28	5 32	5 30	5 27	5 25	5 23	5 20	5 18	5 16	5 12	5 9	5 8	5 6
30	5 30	5 27	5 24	5 22	5 19	5 16	5 14	5 11	5 8	5 5	5 3	5 2
31	5 29	5 25	5 22	5 20	5 17	5 14	5 12	5 10	5 6	5 2	5 1	4 59
32	5 27	5 24	5 20	5 18	5 15	5 12	5 10	5 8	5 4	5 0	4 59	4 57
33	5 26	5 22	5 19	5 16	5 13	5 10	5 8	5 6	5 2	4 58	4 56	4 54
34	5 24	5 21	5 17	5 15	5 12	5 9	5 6	5 4	5 0	4 56	4 54	4 51
35	5 22	5 19	5 16	5 13	5 10	5 7	5 4	5 2	4 58	4 54	4 51	4 49
36	5 21	5 18	5 14	5 11	5 8	5 5	5 2	4 59	4 55	4 52	4 49	4 46
37	5 19	5 17	5 13	5 10	5 6	5 3	5 0	4 56	4 53	4 49	4 46	4 43
38	5 18	5 15	5 11	5 8	5 4	5 1	4 58	4 54	4 50	4 47	4 43	4 40
39	5 16	5 13	5 10	5 6	5 3	4 59	4 56	4 51	4 48	4 44	4 40	4 37
40	5 15	5 12	5 8	5 5	5 1	4 57	4 53	4 49	4 45	4 41	4 37	4 34
41	5 13	5 10	5 6	5 3	4 59	4 55	4 51	4 46	4 42	4 38	4 34	4 30
42	5 12	5 8	5 4	5 1	4 57	4 52	4 48	4 43	4 39	4 34	4 30	4 27
43	5 10	5 7	5 2	4 59	4 54	4 49	4 45	4 40	4 36	4 31	4 27	4 23
44	5 8	5 5	5 0	4 57	4 52	4 45	4 42	4 36	4 33	4 27	4 23	4 20
45	5 6	5 3	4 58	4 54	4 50	4 43	4 39	4 33	4 30	4 24	4 20	4 17
46	5 4	5 1	4 56	4 52	4 47	4 41	4 36	4 30	4 26	4 20	4 16	4 13
47	5 2	4 59	4 53	4 49	4 44	4 3[illegible]	4 33	4 27	4 23	4 17	4 12	4 9
48	5 1	4 57	4 51	4 46	4 41	4 35	4 30	4 23	4 19	4 13	4 7	4 5
49	4 59	4 55	4 48	4 43	4 38	4 32	4 27	4 20	4 15	4 9	4 3	4 0
50	4 57	4 52	4 46	4 40	4 35	4 29	4 23	4 17	4 11	4 5	3 58	3 55
51	4 55	4 50	4 43	4 37	4 31	4 25	4 19	4 13	4 7	4 0	3 53	3 50
52	4 52	4 47	4 39	4 33	4 28	4 22	4 15	4 9	4 2	3 56	3 48	3 45
53	4 50	4 43	4 35	4 30	4 24	4 18	4 11	4 4	3 58	3 51	3 43	3 39
54	4 47	4 40	4 32	4 26	4 20	4 14	4 6	3 59	3 53	3 46	3 37	3 33
55	4 44	4 36	4 29	4 22	4 16	4 9	4 1	3 54	3 47	3 40	3 31	3 27
56	4 40	4 33	4 26	4 18	4 12	4 5	3 56	3 49	3 41	3 33	3 24	3 20
57	4 37	4 29	4 22	4 13	4 8	4 0	3 51	3 43	3 35	3 26	3 16	3 12
58	4 33	4 25	4 18	4 9	4 3	3 54	3 46	3 37	3 28	3 18	3 8	3 4
59	4 29	4 21	4 14	4 5	3 58	3 48	3 40	3 31	3 21	3 11	2 59	2 54
60	4 25	4 17	4 9	4 0	3 51	3 42	3 33	3 24	3 14	3 3	2 51	2 45

CHAPITRE VI.

Trouver l'Amplitude ou la Diſtance du Lever & du Coucher du Soleil au vrai point de l'Orient & de l'Occident.

I.

147. NOUS avons vû dans le ſecond Livre combien il nous étoit important de connoître la vraie amplitude; celle qui eſt la diſtance du lever ou du coucher de l'Aſtre au vrai point de l'Orient ou de l'Occident. On la trouvera par le moyen d'une Table que nous mettrons à la ſuite de ce Chapitre: il ſuffira qu'on connoiſſe la hauteur polaire & la déclinaiſon de l'Aſtre. Si on eſt, par exemple, par 58 degrez de latitude, & qu'un Aſtre ait 22 degrez de déclinaiſon, on verra dans cette Table que l'amplitude eſt de 44 deg. 59 min. Elle eſt, comme on le ſçait, du même côté que la déclinaiſon. Ainſi elle eſt Nord pour le Soleil, depuis le 20 Mars juſqu'au 22 Septembre; & Sud depuis le 22 Septembre juſqu'au 20 Mars. Si l'Aſtre eſt du côté du Nord, & qu'on laiſſe ſubſiſter les autres ſuppoſitions que nous venons de faire, le Soleil ſe levera preſque au *NE*, & ſe couchera preſque au *NO*; non pas à ces rumbs de vent pris ſur la bouſſole, mais aux vrais rumbs de vent, conſidérés par rapport aux Régions du Monde.

148. On doit remarquer outre cela que l'amplitude vraie que nous trouvons, ne convient pas à l'inſtant auquel le Soleil, à ſon lever ou à ſon coucher, paroît comme coupé par la moitié par l'Horiſon: l'Aſtre eſt alors réellement trop bas, & on ne le voit que par l'effet de la réfraction, qui courbe les rayons de lumiere. L'amplitude

tant

tant ortive qu'occaſe que donnent nos Tables, eſt celle qu'a le Soleil, lorſque ſon centre paroît élevé au-deſſus de l'Horiſon, d'environ le diamétre de l'Aſtre. C'eſt alors que le Soleil eſt effectivement dans l'Horiſon; & c'eſt donc dans ce même tems qu'il eſt à propos de l'obſerver, pour voir ſi l'amplitude qu'on trouve ſur le compas de variation convient avec la vraie amplitude, qui eſt donnée par le calcul.

149. Si l'on ne ſe propoſe pas d'avoir l'amplitude avec une extrême préciſion, on peut ſe ſervir de la Figure 72. Le parallele *FG* que décrit l'Aſtre ayant été tiré & cette ligne coupant l'Horiſon en *S*, l'intervalle *CS* tient lieu de l'amplitude : car le point *C* répond au vrai Eſt ou au vrai Oueſt, & le point *S* répond au lever ou au coucher de l'Aſtre. Il faudra élever de ces deux points deux perpendiculaires *CB* & *SX* à l'Horiſon *HO*, elles viendront ſe rendre en *B* & en *X*, elles donneront l'arc *BX* pour l'amplitude, & il n'y aura qu'à le meſurer, pour voir de combien de degrez il eſt. Si on éleve par la penſée le demi cercle *HBO*, de maniere qu'il devienne perpendiculaire au plan du Méridien, ce demi-cercle prendra la place de l'Horiſon, le point *B* deviendra le vrai Eſt, le point *X* celui du lever, & *BX* ſera donc réellement l'amplitude.

II.

Trouver l'Amplitude vraie par le Calcul.

150. Si l'on veut trouver l'amplitude par le calcul, il ſuffit de faire l'une ou l'autre de ces deux analogies : *Le ſinus complément de la hauteur du Pole eſt au ſinus de la déclinaiſon, comme le ſinus total eſt au ſinus de l'amplitude ;* ou bien, *Le ſinus total eſt au ſinus de la déclinaiſon, comme la ſécante de la hauteur polaire eſt au ſinus de l'amplitude.*

151. Suppoſé qu'on ſoit par 58 deg. de hauteur polaire, & que la déclinaiſon du Soleil ſoit de 22 degrez, les trois premiers termes de la ſeconde analogie ſeront

100000 . . . 37461 . . . & 188708 ; & si on acheve la Regle de Trois, il viendra presque 70692 pour le quatriéme terme, lequel répond dans les sinus à 44 degrez 59 min. C'est en faisant plusieurs calculs semblables, qui deviennent plus courts par les logarithmes, qu'on a construit les Tables des amplitudes.

152. » Il suffit de considérer le triangle rectangle » *CDS* dans la *Fig.* 72. pour appercevoir la raison des » deux analogies que nous venons d'indiquer. Ce triangle » est rectangle en *D*, & l'angle *DCS* est égal à la hau- » teur polaire, & l'angle *DSC* en est le complément. » Outre cela, *CD* est égal au Sinus de l'arc *EF*, ou de » l'arc *QG*, qui est la déclinaison de l'Astre, & *CS* est » égal au sinus de l'amplitude, ou au sinus de l'arc *BX*. » Or tout cela supposé, on peut faire cette analogie : Le » sinus de l'angle *S*, complément de la hauteur polaire, » est à *CD* sinus de la déclinaison, comme le sinus total » est à *CS*, qui est le sinus de l'amplitude. »

III.

Reconnoître l'instant auquel un Astre qui est du côté du Pole élevé, répond exactement au-dessus du vrai Est, ou du vrai Ouest, ou qu'il est dans le premier Vertical.

153. Comme le Soleil est souvent caché à l'Horison, nous croyons qu'il seroit à propos d'employer quelquefois les azimuths au lieu des amplitudes. Quoique l'Astre ait une hauteur considérable, nous pouvons néanmoins le rapporter aux points de l'Horison. Voici un moyen fort aisé de découvrir, lorsqu'il est dans le premier Vertical, ou qu'il se trouve exactement au-dessus du vrai Est ou du vrai Ouest.

154. On prendra le complément de la hauteur polaire, & on le fera convenir dans la Table des Amplitudes avec la déclinaison de l'Astre, comme si c'étoit une

hauteur polaire même. La quantité que donnera la Table, ne sera pas une amplitude, mais sera la hauteur vraie à laquelle il faudra saisir l'Astre, pour qu'il réponde exactement au vrai Est ou au vrai Ouest.

155. *Exemple.* On est par 56 deg. de latitude Nord, & la déclinaison du Soleil, ou de tout autre Astre, est de 21 deg. On remarquera d'abord que la déclinaison doit être du même côté que la latitude, pour que l'Astre puisse passer par le premier Vertical au-dessus de l'Horison. Ainsi il faut que les 21 deg. de déclinaison soient du côté du Nord. Cela supposé, nous demandons à quelle hauteur on doit observer l'Astre, pour qu'il soit précisément au-dessus du vrai point de l'Est ou de l'Ouest?

156. Le complément de 56 deg. est 34 deg. que je fais convenir avec 21 deg. de déclinaison dans la Table des Amplitudes. Je trouve 25 deg. 37 min. Or ce nombre m'apprend la hauteur qu'a l'Astre, lorsqu'il est exactement dans le premier Vertical, ou qu'il répond exactement au-dessus du vrai Est ou du vrai Ouest.

157. Si on ne veut pas se servir de la Table des Amplitudes, ou si elle n'est pas assez étendue, on trouvera la hauteur qu'a l'Astre, lorsqu'il est parvenu dans le premier Vertical, en faisant cette analogie: *Le Sinus de la latitude est au Sinus de la déclinaison, comme le Sinus total est au Sinus de la hauteur requise.*

IV.

Trouver l'Azimuth ou le vrai Rumb de vent auquel répond un Astre, lorsqu'il est à une certaine hauteur.

158. » Si l'Astre est élevé, & qu'il soit dans un autre » point du Ciel que celui que nous venons d'indiquer, » nous pouvons trouver son azimuth par un calcul sembla» ble à celui que nous avons employé pour trouver l'heure. » C'est aussi le même triangle sphérique que nous avons » à considérer dans le Ciel; mais dans lequel nous vou-

» lons trouver un autre angle. Nous faisons, comme ci-» devant, une somme des trois côtés de ce triangle, sçavoir, de la distance du Pole au Zénith, de la distance de » l'Astre au Zénith, & de la distance de l'Astre au Pole » élevé; & après avoir pris la moitié de la somme, nous » en ôtons séparément les deux côtés qui comprennent » l'angle au Zénith, c'est-à-dire les distances du Pole & » de l'Astre au Zénith, & nous avons deux différences.

159. » Nous faisons après cela une somme des quatre » nombres Logarithmes suivans; les Logarithmes-Sinus » des deux différences & les complémens arithmétiques » des Logarithmes-Sinus des distances du Pole & de l'Astre au Zénith. La somme étant trouvée, nous en prenons la moitié, & nous la cherchons dans les Tables » parmi les Logarithmes-Sinus. Nous trouvons de cette » sorte un nombre de degrez & de minutes qu'il faut doubler, & on a l'angle au Zénith qui fait le vertical ou » azimuth de l'Astre avec le Méridien du côté du Pole » élevé. Pour nous expliquer autrement, on a l'intervalle » compris entre le vrai Nord ou le vrai Sud, & l'Astre » rapporté à l'Horison.

160. » *Exemple.* On est par 42 deg. de latitude-Sud, » la déclinaison du Soleil est de 10 degrez Nord, & sa » hauteur du côté de l'Occident est de 35 deg. Nous voulons sçavoir dans quel azimuth se trouve alors cet Astre, » ou à quel rumb de vent il répond.

161. » Les trois côtés dont il faut faire une somme, » sont 48 deg. 100, & 55. La moitié de la somme est » 101 deg. 30 min. & si on en ôte séparément les distances du Pole & de l'Astre au Zénith, on aura $53^{d}, 30^{m}$; » & $46^{d}. 30^{m}$. pour les deux différences.

162. » Nous joignons ensuite ensemble les Logar. Sin. de ces deux » diférences avec le compl. arith. des » Log. Sinus de 48 deg. & de 55 deg. » la moitié de la somme répond au Lo-

9.9051787
9.8605622
1289265
866355
19.9813029
9.9906514 Log. Sin. de 78 deg. 9 min.

» garithme-Sinus de 78 deg. 9 min. qu'il faut doubler, & » on a 156 deg. 18 min. pour la diſtance du Soleil au » vrai Sud. C'eſt la diſtance au vrai Sud que nous trou- » vons, parce que nous avons ſuppoſé que l'Obſervateur » étoit par une latitude méridionale. Mais ſçachant cette » diſtance, nous n'avons qu'à la ſouſtraire de 180 deg. & » nous aurons 23 deg. 42 min. pour la diſtance de l'Aſtre » au vrai Nord. Ainſi l'Aſtre répondra au N N O 1 deg. » 12 min. O des rumbs de vent du monde, & il ſera éloi- » gné du vrai Oueſt vers le Nord de 66 deg. 18 min.

Déterminer l'Azimuth en ſe ſervant de l'Echelle des Logarithmes.

163. » Au lieu d'avoir recours aux Tables des Loga- » rithmes, on pourra ſe ſervir de l'Echelle des Logarith- » mes, comme nous l'avons fait dans le Chapitre précé- » dent pour déterminer l'heure. Après avoir pris la moi- » tié de la ſomme des trois côtés du triangle ſphérique, » & en avoir ôté d'une part la diſtance du Pole au Zé- » nith, & de l'autre part le complément de la hauteur de » l'Aſtre pour avoir les deux différences, on en prendra » avec un compas le point de milieu ſur l'Echelle des Lo- » garithmes-Sinus. On prendra auſſi le point de milieu du » complément de la hauteur polaire & du complément de » la hauteur de l'Aſtre; & ayant ouvert le compas depuis » ce dernier point juſqu'à l'extrémité de l'Echelle, on » tranſportera le compas en mettant ſa premiere pointe » ſur le premier point de milieu qu'on a trouvé, & l'au- » tre pointe, ou celle de la droite, marquera ſur l'E- » chelle un nombre de degrez qu'il n'y aura qu'à doubler, » & on aura la diſtance à meſurer ſur l'Horiſon, depuis » le vertical de l'Aſtre juſqu'au vrai Nord ou au vrai Sud; » juſqu'au vrai Nord ſi c'eſt le Pole du Nord qui eſt éle- » vé, & juſqu'au vrai Sud, ſi l'on eſt par une latitude » méridionale. »

164. *TABLE* des *Amplitudes.*

DE'CLINAISONS DES ASTRES.

Degrez.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
HAUTEURS POLAIRES.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
2	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	10 0	11 0	12 0
4	1 0	2 0	3 0	4 1	5 1	6 1	7 1	8 2	9 2	10 2	11 2	22 2
6	1 0	2 1	3 1	4 2	5 2	6 2	7 3	8 4	9 4	10 4	11 4	12 4
8	1 0	2 1	3 2	4 3	5 3	6 4	7 5	8 6	9 6	10 6	11 7	12 7
10	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	9 8	10 10	11 10	12 11
12	1 1	2 3	3 4	4 5	5 7	6 8	7 10	8 11	9 12	10 14	11 14	12 16
14	1 2	2 4	3 5	4 7	5 9	6 11	7 13	8 15	9 17	10 18	11 20	12 22
16	1 2	2 5	3 7	4 10	5 13	6 15	7 17	8 19	9 22	10 24	11 27	12 30
18	1 3	2 6	3 9	4 13	5 16	6 19	7 22	8 25	9 28	10 31	11 35	12 38
20	1 4	2 8	3 11	4 16	5 19	6 23	7 27	8 31	9 35	10 39	11 43	12 47
22	1 5	2 10	3 14	4 19	5 24	6 29	7 33	8 38	9 43	10 48	11 53	12 58
24	1 6	2 12	3 17	4 23	5 29	6 34	7 40	8 46	9 52	10 58	12 3	13 10
26	1 7	2 14	3 21	4 27	5 34	6 41	7 48	8 54	10 1	11 9	12 15	13 22
28	1 8	2 16	3 24	4 32	5 40	6 48	7 56	9 4	10 12	11 21	12 29	13 37
30	1 9	2 19	3 28	4 37	5 46	6 55	8 5	9 15	10 24	11 34	12 44	13 53
31	1 10	2 20	3 30	4 40	5 50	7 0	8 10	9 21	10 31	11 41	12 52	14 2
32	1 11	2 22	3 33	4 43	5 54	7 5	8 16	9 27	10 38	11 49	13 0	14 11
33	1 12	2 23	3 35	4 46	5 58	7 10	8 21	9 33	10 45	11 57	13 9	14 21
34	1 12	2 25	3 37	4 50	6 2	7 15	8 27	9 40	10 52	12 5	13 18	14 32
35	1 13	2 27	3 40	4 53	6 6	7 20	8 33	9 47	11 1	12 14	13 28	14 42
36	1 14	2 28	3 43	4 57	6 11	7 25	8 40	9 54	11 9	12 24	13 39	14 54
37	1 15	2 30	3 45	5 1	6 16	7 31	8 47	10 2	11 18	12 34	13 49	15 5
38	1 16	2 32	3 48	5 5	6 21	7 37	8 54	10 11	11 27	12 44	14 1	15 18
39	1 17	2 34	3 52	5 9	6 27	7 44	9 1	10 19	11 37	12 55	14 13	15 31
40	1 18	2 37	3 55	5 14	6 32	7 51	9 9	10 28	11 47	13 6	14 25	15 45
41	1 19	2 39	3 59	5 19	6 38	7 58	9 18	10 38	11 58	13 18	14 39	16 0
42	1 20	2 41	4 2	5 24	6 44	8 5	9 26	10 48	12 9	13 31	14 53	16 15
43	1 22	2 44	4 6	5 29	6 51	8 13	9 35	10 58	12 21	13 44	15 7	16 31
44	1 23	2 47	4 10	5 34	6 58	8 21	9 45	11 9	12 34	13 58	15 23	16 48
45	1 25	2 50	4 15	5 40	7 5	8 30	9 55	11 21	12 47	14 13	15 39	17 6
46	1 26	2 53	4 19	5 46	7 12	8 39	10 6	11 33	13 1	14 29	15 57	17 25
47	1 28	2 56	4 24	5 52	7 21	8 49	10 18	11 46	13 16	14 45	16 15	17 45
48	1 30	2 59	4 29	5 59	7 29	8 59	10 30	12 0	13 28	15 2	16 34	18 6
49	1 32	3 3	4 35	6 6	7 38	9 10	10 42	12 15	13 48	15 21	16 55	18 29
50	1 33	3 7	4 40	6 14	7 48	9 21	10 56	12 30	14 5	15 40	17 16	18 52
51	1 35	3 11	4 46	6 22	7 58	9 34	11 10	12 47	14 24	16 1	17 39	19 17
52	1 37	3 15	4 52	6 30	8 8	9 47	11 25	13 4	14 43	16 23	18 3	19 44
53	1 40	3 20	4 59	6 40	8 20	10 0	11 41	13 22	15 4	16 47	18 29	20 13
54	1 42	3 24	5 6	6 49	8 33	10 15	11 58	13 42	15 26	17 11	18 57	20 43
55	1 45	3 29	5 14	6 59	8 44	10 30	12 16	14 3	15 50	17 37	19 26	21 15
56	1 47	3 35	5 22	7 10	8 58	10 46	12 35	14 25	16 15	18 6	19 57	21 50
57	1 50	3 41	5 31	7 22	9 13	11 4	12 56	14 48	16 42	18 36	20 30	22 27
58	1 53	3 47	5 40	7 34	9 28	11 23	13 18	15 13	17 10	19 8	21 6	23 6
59	1 57	3 53	5 50	7 47	9 45	11 43	13 41	15 41	17 41	19 42	21 45	23 49
60	2 0	4 0	6 1	8 1	10 2	12 4	14 6	16 10	18 9	20 19	22 25	24 34
61	2 4	4 8	6 12	8 16	10 21	12 27	14 34	16 41	18 50	20 59	23 11	25 24
62	2 8	4 16	6 24	8 34	10 42	12 52	15 3	17 15	19 28	21 43	23 59	26 17
63	2 12	4 25	6 37	8 50	11 4	13 19	15 37	17 51	20 9	22 29	24 51	27 15
64	2 17	4 34	6 51	9 9	11 28	13 48	16 8	18 31	20 52	23 20	25 48	28 19
65	2 22	4 45	7 7	9 30	11 54	14 19	16 46	19 14	21 43	24 16	26 50	29 28
66	2 28	4 55	7 24	9 53	12 22	14 54	17 26	20 1	22 37	25 16	27 59	30 44
$66\frac{1}{2}$	2 31	5 1	7 33	10 4	12 38	15 12	17 48	20 26	23 6	25 49	28 35	31 26

Suite de la TABLE DES AMPLITUDES.

DE'CLINAISONS DES ASTRES.

Degrez. HAUTEURS POLAIRES.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23½
	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
2	13 0	14 0	15 0	16 1	17 1	18 1	19 1	20 1	21 1	22 1	23 1	23 31
4	13 2	14 2	15 2	16 3	17 3	18 3	19 3	20 3	21 3	22 5	23 4	23 34
6	13 4	14 5	15 5	16 6	17 6	18 6	19 7	20 7	21 7	22 9	23 8	23 38
8	13 8	14 9	15 9	16 10	17 10	18 11	19 12	20 12	21 13	22 13	23 14	23 46
10	13 12	14 13	15 14	16 15	17 16	18 17	19 18	20 19	21 20	22 21	23 23	23 53
12	13 18	14 19	15 21	16 22	17 24	18 25	19 27	20 28	21 30	22 31	23 33	24 4
14	13 24	14 26	15 29	16 30	17 32	18 34	19 36	20 38	21 41	22 42	23 45	24 16
16	13 32	14 34	15 37	16 40	17 43	18 46	19 48	20 51	21 53	22 57	23 59	24 31
18	13 41	14 44	15 47	16 51	17 54	18 58	20 1	21 5	22 8	23 12	24 15	24 47
20	13 51	14 55	15 59	17 4	18 8	19 12	20 16	21 21	22 25	23 30	24 34	25 7
22	14 2	15 8	16 13	17 18	18 23	19 28	20 33	21 39	22 44	23 50	24 56	25 28
24	14 15	15 22	16 28	17 34	18 40	19 48	20 53	21 59	23 6	24 13	25 21	25 53
26	14 30	15 37	16 44	17 52	18 59	20 7	21 14	22 22	23 30	24 38	25 46	26 20
28	14 46	15 54	17 3	18 11	19 20	20 29	21 38	22 47	23 57	25 6	26 16	26 51
30	15 3	16 13	17 23	18 34	19 44	20 54	22 5	23 16	24 27	25 38	26 49	27 25
31	15 13	16 24	17 35	18 45	19 57	21 8	22 19	23 31	24 43	25 55	27 7	27 43
32	15 23	16 34	17 46	18 58	20 10	21 22	22 35	23 47	25 0	26 13	27 26	28 3
33	15 34	16 46	17 59	19 11	20 24	21 37	22 51	24 4	25 18	26 32	27 46	28 23
34	15 45	16 58	18 12	19 25	20 38	21 53	23 7	24 22	25 37	26 52	28 7	28 45
35	15 56	17 11	18 25	19 40	20 55	22 10	23 25	24 41	25 57	27 13	28 29	29 8
36	16 9	17 24	18 40	19 55	21 11	22 27	23 44	25 1	26 18	27 35	28 53	29 32
37	16 22	17 38	18 55	20 11	21 28	22 46	24 3	25 21	26 40	27 58	29 17	29 57
38	16 35	17 53	19 19	20 26	21 47	23 5	24 24	25 43	27 3	28 23	29 44	30 24
39	16 50	18 8	19 27	20 46	22 6	23 26	24 46	26 7	27 28	28 49	30 11	30 52
40	17 5	18 25	19 45	21 5	22 26	23 47	25 9	26 31	27 54	29 17	30 40	31 22
41	17 20	18 42	20 3	21 25	22 48	24 1	25 33	26 57	28 23	29 46	31 11	31 54
42	17 37	19 0	20 23	21 46	23 10	24 34	25 59	27 24	28 50	30 16	31 43	32 27
43	17 55	19 19	20 43	22 8	23 34	25 0	26 26	27 53	29 20	30 49	32 18	33 2
44	18 13	19 39	21 5	22 32	23 59	25 26	26 55	28 23	29 53	31 23	32 54	33 40
45	18 33	20 0	21 28	22 57	24 25	25 55	27 25	28 56	30 27	31 59	33 33	34 20
46	18 54	20 43	21 53	23 22	24 53	26 25	27 57	29 30	31 3	32 38	34 14	35 2
47	19 17	20 47	22 18	23 50	25 23	26 57	28 31	30 6	31 42	33 19	34 57	35 47
48	19 39	21 12	22 45	24 19	25 55	27 30	29 7	30 44	32 23	34 3	35 44	36 35
49	20 3	21 38	23 15	24 51	26 28	28 6	29 45	31 25	33 7	34 49	36 33	37 26
50	20 29	22 7	23 45	25 24	27 7	28 44	30 26	32 9	33 53	35 39	37 26	38 21
51	20 50	22 37	24 17	25 59	27 41	29 24	31 9	32 55	34 43	36 32	38 23	39 19
52	21 16	23 8	24 52	26 36	28 21	30 6	31 57	33 45	35 36	37 29	39 23	40 22
53	21 57	23 42	25 28	27 16	29 4	30 53	32 45	34 39	36 33	38 30	40 49	41 30
54	22 30	24 18	26 7	27 58	29 50	31 43	33 38	35 35	37 34	39 36	41 40	42 43
55	23 5	24 57	26 49	28 43	30 39	32 36	34 35	36 37	38 40	40 47	42 56	44 3
56	23 43	25 38	27 34	29 32	31 32	33 33	35 36	37 42	39 51	42 4	44 19	45 30
57	24 24	26 22	28 29	30 24	32 28	34 34	36 43	38 54	41 10	43 27	45 50	47 4
58	25 7	27 10	29 14	31 20	33 29	35 40	37 54	40 12	42 33	44 59	47 30	48 48
59	25 53	28 5	30 10	32 21	34 35	36 52	39 12	41 37	44 6	46 40	49 21	50 44
60	26 46	28 56	31 10	33 27	36 25	38 10	40 38	43 10	45 47	48 31	51 24	52 53
61	27 39	29 56	32 16	34 39	37 5	39 56	42 11	44 52	47 40	50 36	53 42	55 20
62	28 38	31 1	33 27	35 57	38 31	41 10	43 54	46 46	49 46	52 56	56 20	58 9
63	29 42	32 12	34 46	37 23	40 5	42 54	45 49	48 53	52 8	55 30	59 24	61 26
64	30 52	33 30	36 15	38 58	41 50	44 49	47 57	51 17	54 50	58 43	63 3	65 27
65	32 10	34 55	37 46	40 43	43 46	46 59	50 23	54 2	58 0	62 26	67 36	70 39
66	33 35	36 30	39 31	42 40	45 58	49 27	53 10	57 14	61 47	67 5	73 53	78 38
66½	34 20	37 21	40 29	45 1	47 9	50 48	54 44	59 4	64 0	69 59	78 50	90 0

CHAPITRE VII.

Connoissant le vrai Rumb de vent, ou la vraie Direction dans laquelle est un Astre, & la Direction à laquelle il répond sur la Boussole, trouver la Variation.

I.

165. Tout ce que nous venons d'expliquer, est relatif à ce que nous avons dit dans le Chapitre II. du second Livre N°. 67. & suiv. au sujet de la Variation de la Boussole. Si l'Horison étoit toujours *net*, on pourroit se borner à l'observation des amplitudes; mais il arrive que dans de très-longues traversées on ne voit que rarement le Soleil se lever ou se coucher. Cet Astre se trouve engagé dans les nuages à l'Horison, & il ne paroît que lorsqu'il est parvenu à une certaine hauteur. Il est donc comme nécessaire d'avoir recours à l'observation de l'azimuth; non-seulement pour naviguer avec moins de risque, mais pour acquérir aussi sur cette matiére des connoissances qui soient utiles à la Marine en général, & qui contribuent à assûrer le sort des Navigateurs qui viendront après nous. L'observation est un peu plus difficile, lorsque l'Astre est élevé. Il faut que deux Pilotes agissent ensemble; l'un observe la hauteur de l'Astre, pendant que l'autre examine sur le compas de variation l'azimuth magnétique ou la direction sur laquelle l'Astre se trouve par rapport à la Boussole. Mais pour peu que ces deux Observateurs se soient exercés à travailler de concert, ils rendront leurs observations très-exactes, en les faisant dans le même instant.

166. Si on a vû le Soleil s'approcher du premier vertical,

tical, & ſi dans l'inſtant qu'il doit répondre exactement au-deſſus du vrai Eſt ou du vrai Oueſt, on obſerve ſa ſituation par rapport aux rumbs de vent de la Bouſſole, on reconnoîtra tout d'un coup s'il y a de la variation, & on en déterminera la quantité. On a trouvé, par exemple, en ſe conformant au calcul expliqué vers la fin du Chapitre précédent, que l'Aſtre doit parvenir au premier vertical, lorſqu'il aura 25 deg. 37 min. de hauteur *: il n'y aura, en l'obſervant, qu'à le ſaiſir préciſément à cette hauteur. Un des Obſervateurs avertira l'autre; & ſi l'Aſtre répond effectivement à l'Eſt ou à l'Oueſt de la Bouſſole, il n'y aura point de variation; mais s'il y a quelque différence, elle marquera l'erreur à laquelle la Bouſſole eſt ſujette. Tous les autres moyens de découvrir la variation de l'aimant, ont rapport à celui-ci. Il s'agit toujours de comparer entr'elles les amplitudes vraies & obſervées, ou l'azimuth trouvé par le calcul avec l'azimuth magnétique obſervé ſur le compas de variation.

* Voyez N°. 155. & 156.

167. Nous pouvons donner un bon conſeil aux jeunes Pilotes, lorſqu'ils voudront faire cette comparaiſon. Ils feront fort bien de tracer une figure ſemblable à la 73me, qui repréſente l'Horiſon & la Bouſſole; ils pourront même tracer cette figure groſſiérement, & ſans y obſerver de meſures exactes. Les points *N*, *E*, *S* & *O* indiquent les quatre rumbs de vent cardinaux. On placera l'Aſtre vers l'Eſt ou vers l'Oueſt, à peu près ſelon le rumb de vent qu'a donné le calcul. On le placera du côté de l'Eſt ſi l'amplitude eſt ortive, ou s'il s'agit du lever; & on le mettra du côté de l'Oueſt ſi l'amplitude eſt occaſe. La Bouſſole ſera repréſentée par le petit cercle intérieur, & on la diſpoſera de la maniére dont l'exige l'obſervation. Fig. 73.

168. *Exemple.* Le 22 Juin 1752 par 40 deg. de latitude, on a obſervé le Soleil lorſqu'il ſe couchoit, & il a paru éloigné de 50 deg. de l'Oueſt du compas vers le Nord. On demande la variation?

169. Je cherche la vraie amplitude que je trouve dans

Fig. 73. les Tables, ou par le calcul, d'environ 31 deg. 20 min. Je place après cela le Soleil en *A*, en ſuppoſant qu'il y a 31 ᵈ. 20 ᵐ. depuis le point *A* juſqu'en *O*. Je mets le Soleil du côté de l'Oueſt, parce que l'amplitude eſt occaſe, ou que l'obſervation a été faite le ſoir; & je compte les 31 ᵈ. 20 ᵐ. de l'Oueſt vers le Nord, parce que la déclinaiſon du Soleil eſt ſuppoſée Nord. Il ne me reſte plus enſuite qu'à diſpoſer la Bouſſole. Je ne fais pas répondre ſon Oueſt à l'Oueſt du monde; mais je le place un peu plus bas, ou un peu plus vers le Sud, afin que le Soleil, en ſe couchant, en ſoit éloigné de 50 deg. pendant qu'il n'eſt éloigné du vrai Oueſt que de 31 ᵈ. 20 ᵐ. il faudra par conſéquent porter le Nord de la Bouſſole un peu plus vers l'Oueſt par rapport au Nord du monde; & la variation ſera NO de 18 ᵈ. 40 ᵐ. différence des deux amplitudes vraie & obſervée.

170. *Second Exemple.* La vraie amplitude étant la même que dans l'exemple précédent, c'eſt-à-dire de 31 ᵈ. 20 ᵐ. occaſe-Nord, on a trouvé un moindre nombre ſur le compas : nous ſuppoſons que l'amplitude obſervée n'a été que de 28 ᵈ. 30 ᵐ. Nord Il faudra dans ce cas, pour repréſenter la ſituation de la Bouſſole, placer ſon point de l'Oueſt un peu au-deſſus de l'Oueſt du monde, ou un peu plus vers le Nord. La Bouſſole ſe trouvera orientée d'une maniére contraire à celle qui eſt marquée dans la figure, & la variation ſera N E de 2 ᵈ. 50 ᵐ.

171. Il faut quelquefois, pour avoir la variation, ajouter enſemble les deux amplitudes, celle qu'on trouve par le calcul, & celle qu'on trouve ſur la Bouſſole. C'eſt ce qui arrive lorſque les amplitudes ſont de différentes dénominations; que l'une eſt Nord & l'autre Sud. Alors l'Aſtre ſe lève ou ſe couche entre les deux différens points de l'Eſt ou de l'Oueſt, comme nous allons l'expliquer.

172. *Troiſiéme Exemple.* Le 12 Mars 1752 on étoit ſur le Méridien de l'Iſle-de-Fer par 48 degrez de latitude, & le Soleil, en ſe couchant, a paru éloigné de l'Oueſt de la Bouſſole de 14 deg. vers le Nord. On demande la variation?

173. La vraie amplitude étoit de 4 d. 31 m. Sud. Ainſi les deux amplitudes occaſes étoient de différentes dénominations. Le Soleil s'eſt couché réellement à 4 d. 31 m. de diſtance du vrai Oueſt vers le Sud, quoiqu'il ait paru en même tems vers le Nord ſur le compas à 14 deg. de l'Oueſt. Je mets d'abord le Soleil en *B*, en ſuppoſant qu'il y a 4 d. 31 m. depuis *O* juſqu'en *B*; mais il faut après cela placer l'Oueſt du compas encore plus vers le Sud, il faut le placer 14 deg. plus Sud. La diſtance d'un Oueſt à l'autre ſera égale à la ſomme des deux amplitudes, & la variation ſera donc de 18 d. 31 m. N O. Car l'Oueſt de la Bouſſole n'a pas pû avancer vers le Sud, ſans que le Nord avançât vers l'Oueſt. Fig. 73.

174. *Quatriéme Exemple.* Il n'y aura pas plus de difficulté à comparer les azimuths ; celui que donne le calcul & celui qu'on a obſervé ſur le compas de variation. Suppoſons qu'on eſt par 42 degrez de latitude Sud, que le Soleil a 10 degrez de déclinaiſon Nord, & que le ſoir dans le même inſtant que l'Aſtre a 35 degrez de hauteur vraie, il paroiſſe éloigné du Nord du compas de 30 deg. vers l'Oueſt.

175. On cherchera la ſituation du Soleil par rapport aux Régions du monde, & on trouvera que l'Aſtre étoit réellement à 23 d. 42 m. de diſtance du vrai Nord. * Je ſuppoſe après cela dans la *Figure* 73, qu'il y a 23 d. 42 m. depuis *N* juſqu'au point *A*, auquel le Soleil eſt cenſé répondre : je conſidére enſuite qu'il ne faut pas mettre le Nord de la Bouſſole vis-à-vis du Nord du monde, mais qu'il faut, en l'éloignant du point *A*, le porter vers l'Eſt, afin qu'il ſoit à 30 degrez de diſtance de l'Aſtre, comme le demande l'obſervation. La variation ſera donc N E de 6 d. 18 m. différence de 23 d. 42 m. & de 30 degrez. Nous pourrions nous diſpenſer de dire ce que les Lecteurs voyent aſſez, qu'il n'y auroit point de variation, ſi on avoit trouvé exactement le même azimuth par l'obſervation ſur le compas, que par le calcul.

* Voyez N°. 162.

II.

De deux différentes maniéres d'avoir égard à la Variation de la Bouſſole.

176. Lorſqu'on connoît la variation, il y a deux différentes maniéres d'y avoir égard, ſelon qu'on veut faire une certaine route, ou ſelon qu'on l'a déja faite. Si en ſe réglant ſur une Bouſſole qui varie, par exemple, de 6 deg. 18 min. N E, on a ſuivi le N O, il eſt évident qu'on n'a pas couru au vrai NO, mais au N O 6^{d}.18^{m}.N. Tous les rumbs de vents de l'Oueſt de la Bouſſole répondent dans cette ſuppoſition 6^{d}. 18^{m}. plus vers le Nord ; & ceux de l'Eſt répondent plus vers le Sud. Il n'eſt pas néceſſaire que nous répétions ici ce que nous avons déja dit ſur ce ſujet dans le ſecond Livre N°. 59.

177. Il s'agit dans le cas précédent, & c'eſt le plus ordinaire, de voir quel eſt l'effet de la variation, lorſqu'une route eſt déja faite, & qu'on s'eſt ſervi d'un compas ſujet à cette eſpéce de défaut. Mais on veût quelquefois prévenir l'erreur ; on ſe propoſe de faire exactement une certaine route, & alors il faut ſe précautionner contre la variation. Si on veut, par exemple, courir exactement au S S E, lorſque la variation eſt de 6 deg. 18 min. N E, il ne faut pas ſuivre le S S E de la Bouſſole, car on courroit effectivement au S S E 6 deg. 18 min. S ; mais il faut prendre 6 deg. 18 min. à l'Eſt ; c'eſt-à-dire, qu'il faut courir au S S E 6 deg. 18 min. E ſur la Bouſſole ; & de cette ſorte on préviendra l'erreur que cauſeroit la variation : on courra effectivement au S S E. Au lieu d'inſiſter ici davantage ſur la diſtinction de ces deux différens cas, nous croyons qu'il vaudra mieux rechercher dans la ſuite les occaſions d'y rendre attentifs les Lecteurs.

CHAPITRE VIII.

Méthode de trouver immédiatement la Longitude lorſqu'on eſt en Mer.

118. On peut encore tirer une utilité de la connoiſſance de la variation de la Bouſſole. On peut s'en ſervir en pluſieurs occaſions pour découvrir la longitude. Ce moyen ne doit pas être regardé comme général ; mais il ſuffit qu'on puiſſe s'en ſervir ſouvent, pour que nous ſoyons obligés de le recommander.

I.

Trouver la Longitude en Mer par la Variation de la Bouſſole.

119. M. Halley célébre Aſtronome Anglois ayant recueilli un très-grand nombre d'Obſervations ſur les déclinaiſons de la Bouſſole, il lui vint en penſée, ce que perſonne n'avoit fait avant lui, de les repréſenter ſur une Carte Marine. Il traça une ligne courbe qui paſſoit par tous les lieux où la Bouſſole marquoit exactement le Nord, & cette ligne courbe indiquoit donc tous les points de l'Océan où l'aiguille aimantée eſt exemte de déclinaiſon. Il lia également par une ligne courbe tous les points de la Mer où la variation étoit N E de 5 degrez ; il traça d'autres courbes pour 10 deg. pour 15, &c. & il fit la même choſe pour les variations N O. On voit de cette ſorte d'un coup d'œil, lorſqu'on a la Carte de M. Halley entre les mains, de combien la Bouſſole décline en chaque endroit. Ces lignes courbes, quoiqu'irréguliéres, gardent cependant entr'elles un certain ordre ; la ligne qui paſſe-

par tous les lieux de la Mer où la fleur de lys de la Bouſſole marque exactement le Nord, eſt comme au milieu de toutes les autres. Si l'on s'en écarte un peu du côté de l'Orient, la variation de la Bouſſole devient N O, & elle devient de plus grande en plus grande, à moins qu'on ne s'approche trop de quelqu'autre branche de la même ligne courbe. Si l'on avance au contraire vers l'Occident, la variation devient N E.

180. La Carte de M. Halley marquoit l'état des choſes pour 1700, & on ne tarda pas à s'appercevoir que l'aſſemblage de toutes les lignes courbes étoit ſujet à changer de place; qu'en général il avançoit vers l'Occident & vers le Sud; & qu'outre cela chaque ligne ſouffroit auſſi en particulier quelque changement dans ſes inflexions. La déclinaiſon de la Bouſſole dépend d'une cauſe générale; & cette cauſe ſujette elle-même à changer par les altérations qui ſe font dans l'intérieur de la Terre, produit ſur les directions de la Bouſſole des effets qui ſont très-ſenſibles en peu d'années, & qui ne ſont pas les mêmes partout, parce qu'ils dépendent de la ſituation des lieux, par rapport aux endroits intérieurs où ſe fait la principale altération. Meſſieurs Moutaine & Dodſon ont entrepris de faire pour 1744, ce que M. Halley avoit fait pour 1700; & comme ils ont eu un plus grand nombre d'obſervations, ils ſe ſont trouvés en état de tracer les lignes courbes magnétiques, tout autour de la Terre, ce que n'avoit pas fait M. Halley.

181. Il m'a paru qu'il n'y avoit qu'à joindre enſemble ces deux ſyſtêmes ou aſſemblages de lignes courbes, pour pouvoir en retirer tout l'avantage poſſible. Les dernieres obſervations nous intéreſſent davantage que les premieres, parce qu'elles ont été faites dans un tems dont nous ſommes moins éloignés : mais nous avons cependant beſoin des autres, afin de voir le changement que ſouffre la déclinaiſon de l'aiman, & de pouvoir juger à peu près de ſon progrès pour les années ſuivantes. J'ai marqué en noir les

lignes courbes pour 1744, & en rouge celles qui convenoient à 1700. J'ai fait, en me fondant sur mes propres observations, quelques légers changemens aux lignes courbes pour 1744; je n'ai pas cherché à en faire un plus grand nombre, parce qu'il n'est ici question que de montrer l'importance de la chose. Pour peu que les Marins s'intéressent dans ce travail, on aura bientôt de bonnes Cartes sur ce sujet, dans lesquelles on n'aura rien donné à l'esprit de systême, comme il y a tout lieu de croire que l'ont fait un peu les deux derniers Auteurs. Il suffira ensuite de renouveller ces Cartes de tems en tems, pour éviter l'erreur que peut causer l'irrégularité du mouvement des lignes courbes.

182. Supposons, pour rendre sensible l'usage de la Carte que nous donnons, qu'en naviguant de l'autre côté de l'Equateur en 1755, on soit par 30 degrez de latitude, & qu'on trouve que la variation de la Boussole est de 10 deg. N E. Ce n'est pas assez de connoître la variation de la Boussole, il faut aussi sçavoir par quelle latitude on est. La longitude qu'indiquoit en 1700 cette variation de l'aiman par 30 deg. de latitude Sud, étoit de 347 deg. à compter du Méridien de l'Isle-de-Fer. Ce point est déterminé par l'intersection du parallele, & par la ligne courbe qui indique les lieux où la variation est de 10 degrez N E. Ce point d'intersection n'étoit plus le même en 1744; il avoit avancé d'environ 9 degrez vers l'Ouest. On en conclura, si l'on suppose que le progrès est à peu près régulier, quoiqu'il ne le soit pas, que le point dont il s'agit sera encore plus vers l'Ouest en 1755, d'environ $2\frac{1}{4}$ deg. Ainsi on sera par $335\frac{3}{4}$ deg. de longitude.

183. Cette méthode ne peut pas servir dans les endroits de la Mer où les lignes courbes de M. Halley sont presque perpendiculaires au Méridien, comme elles le sont effectivement vers la Floride, ou vers l'Isle de Cube. On trouve dans ces parages & dans tous les autres qui sont situés vers le sommet des lignes courbes, la même

déclinaiſon de la Bouſſole, quoiqu'on ſingle beaucoup en longitude ; ainſi on ne peut pas juger alors du changement de l'une par le changement de l'autre. Il faut encore exclure de la méthode les lieux où les lignes courbes changent conſidérablement de ſituations en peu d'années, à moins qu'on n'ait une Carte très-récente, qui ne laiſſe aucun lieu de crainte ſur l'irrégularité de la marche des lignes courbes. En pluſieurs endroits ces mêmes lignes ne s'écartent pas extrêmement de la direction du Méridien, & elles n'ont pas ſenſiblement changé de place depuis 1700 juſqu'en 1744. C'eſt principalement dans ces endroits qu'on peut employer avec ſuccès la variation de l'aiman pour découvrir la longitude ; & on voit combien ce moyen eſt ſimple. Un Navire ſingle à l'Oueſt, par exemple, pour aller chercher la Martinique ; il eſt par 14 deg. 40 min. de latitude Nord, & en obſervant la variation, il la trouve ſucceſſivement de 1 deg. N E, de 2, de 3, & enfin de 4 deg. il n'eſt pas loin alors du terme de ſa navigation.

II.

Trouver la Longitude par les Eclipſes des Satellites de Jupiter.

184. » S'il ne falloit pas des Lunettes de 10 ou 12 » pieds pour bien obſerver les Eclipſes du premier Satelli- » te de Jupiter, on auroit un autre moyen très-ſimple de » déterminer en Mer les longitudes. On peut, au lieu de » Lunettes à deux verres, dont ſe ſervent ordinairement » les Aſtronomes, ſe ſervir de Téleſcopes, ou de ces Lu- » nettes compoſées principalement de miroirs ; il ſuffiroit » que ces Téleſcopes euſſent 18 ou 20 pouces de longueur, » & il ſeroit beaucoup plus facile de s'en ſervir malgré le » mouvement du Vaiſſeau. Ces inſtrumens ne formeroient » pas un levier incommode par leur longueur & par leur » poids, comme les autres Lunettes, qui ſont ſix ou ſept » fois

fois plus longues, & outre cela ils donneroient moins « de prise au vent. J'ai fait quelques tentatives en Mer « sur ce sujet, qui ne furent pas heureuses, mais qui me « font cependant croire qu'on peut imaginer des précau- « tions qui leveroient toutes les difficultés. «

185. N'ayant pas de Télescope, j'attachai à une Lu- « nette de 9 pieds de longueur, une regle qui s'appuyoit « sur mon épaule, pendant que je tenois la Lunette appli- « quée à mon œil. Il y avoit derriére moi au bout de la « regle une espéce de contrepoids qui étoit en équilibre « avec la Lunette. Je visois ensuite, sans me fatiguer, à « quel point du Ciel je voulois. La chose réussissoit pen- « dant quelque tems; mais l'agitation du Vaisseau déran- « geoit bientôt la machine, & j'avois ensuite beaucoup « de peine à la remettre dans sa premiere situation, parce « que je ne lui imprimois du mouvement qu'avec lenteur, « & qu'il falloit outre cela que j'ôtasse l'œil de la Lunette, « pour voir de quel côté je devois me tourner. On sent « assez que pour faire cesser une grande partie de ces diffi- « cultés, il n'y auroit qu'à se servir d'un Télescope, sur le- « quel l'Observateur agiroit beaucoup plus aisément. «

186. On pourroit encore perfectionner cette disposi- « tion, & je ne doute pas qu'elle n'eût ensuite un entier « succès dans les plus grands Vaisseaux, pourvû que la Mer « ne fût pas extrêmement agitée. Je mettrois aux côtés de « l'Observateur deux ou trois aides qui le déchargeassent « absolument du soin de pointer son Télescope. Ils tien- « droient des regles qu'ils pointeroient eux-mêmes sur Ju- « piter, & ces régles seroient attachées au Télescope au- « quel elles seroient toujours paralleles. J'épargnerois à « ces seconds Observateurs presque absolument la peine « qu'ils trouveroient à soutenir leur régle, en y attachant « à une certaine distance une autre régle qui s'appuyât sur « l'épaule, & qui eût un petit contrepoids. De simples « Matelots pourroient remplir cette fonction d'Aides-Ob- « servateurs, pourvû qu'ils fussent exercés à ajuster un fusil «

» & à tirer au vol : une de ces choses ne seroit pas plus
» difficile que l'autre. On leur montreroit Jupiter ; &
» comme ils ne le perdroient point de vûe, ils le sui-
» vroient toujours avec facilité. Ils formeroient un groupe
» au milieu duquel seroit placé l'Observateur, & ils contri-
» bueroient tous à le soutenir, & à faire réussir son ob-
» servation. Je n'ai que faire de dire qu'il ne resteroit plus
» qu'à comparer l'heure & la minute qu'on auroit observé
» l'immersion ou l'émersion du Satellite, avec l'heure mar-
» quée pour Paris, & qu'on auroit la différence des lon-
» gitudes exprimée en tems.

187. » Les régles seroient attachées au Télescope par
» des bras qui seroient aussi paralleles entr'eux, & qui
» changeroient d'inclinaison par rapport au Télescope,
» par le moyen des charnieres qu'ils auroient à leurs deux
» extrémités. Il seroit même à propos que ces bras fus-
» sent brisés au milieu, & qu'ils y eussent encore d'autres
» charnieres à peu près comme le représente la *Figure* 74;
» de sorte que l'assemblage de ces piéces formeroit deux
» parallelogrames *E I* & *I G*, sujets à changer de figure en-
» tre le Télescope & la régle de chaque Aide. On pour-
» roit faire cette espéce de chassis partie en bois, & par-
» tie en cuivre ou en fer. Il seroit nécessaire que les char-
» nieres fussent exécutées avec le plus grand soin ; & il
» ne seroit pas moins important de conserver au chassis
» *A B D C* la régularité d'un autre mouvement. Il faudroit
» que les extrémités des côtés *A B* & *C D* pussent tourner
» dans des anneaux attachés au Télescope & à chacune des
» régles principales, ou de celles qu'on pointe d'une ma-
» niere actuelle sur Jupiter. Le tout s'assembleroit par le
» moyen de quelque vis : car il suffiroit dans certain cas
» de donner un seul Aide à l'Observateur, & d'autres fois
» il faudroit lui en donner deux ou trois. Comme l'obser-
» vation se fait toujours de nuit, il faudroit placer derriere
» les Observateurs & plus haut une lumiére qui tombât
» sur les régles, & qui les éclairât suffisamment.

III.

Trouver la Longitude en Mer par l'heure du passage de la Lune par le Méridien.

188. Le mouvement particulier ou propre de la Lune « d'Occident en Orient nous fournit un troisiéme moyen « de trouver les longitudes en Mer, mais qui n'est encore « applicable que dans certains cas, & qui, outre cela, se « ressent toujours de l'imperfection de nos calculs sur les « mouvemens de la Planéte. «

189. Nous avons vû que le mouvement particulier « de la Lune étoit beaucoup plus rapide que celui du So- « leil, & que la premiere de ces Planétes retardoit cha- « que jour à passer au Méridien d'environ 48 minutes « d'heure. Nous avons des Calendriers qui nous marquent « l'instant de ces passages pour un lieu déterminé. Le Li- « vre de la Connoissance des Tems que l'Académie des « Sciences publie chaque année, nous les donne, par « exemple, de jour en jour pour le Méridien de Paris. « Mais si on est en Mer fort loin vers l'Occident par rap- « port à cette Capitale, la Lune passera au Méridien en- « core plus tard par rapport au Soleil; puisque son mou- « vement particulier l'aura transportée encore davantage « vers l'Orient, en l'écartant de l'autre Astre. Elle pas- « sera au contraire plutôt au Méridien pour les lieux qui « sont à l'Orient par rapport à Paris. «

190. Si on consulte le Livre de la Connoissance des « Tems, & qu'on cherche, par exemple, à quelle heure « la Lune passera au Méridien le 28 Octobre de cette « année 1752, on verra que c'est à 4 heures 40 min. du « matin, & que le lendemain ce sera à 5 heures 38 min. « Ainsi une révolution autour de la Terre ou 360 deg. de « longitude mettent 58 min. de différence dans le passage « de la Planéte par le Méridien. Or si la nuit du 28, la «

» Lune paſſe au Méridien, 9 min. 40 ſec. plus-tard qu'à
» Paris, ſi elle paſſe à 4 heures 49 min. 40 ſec. il n'y aura
» qu'à faire une régle de Trois pour trouver combien 9 m.
» 40″ donnent de difference en longitude, à proportion
» de 58 min. qui répondent à 360 degrez. On dira donc
» 58 min. ou 3480 ſecondes ſont à 360 degrez comme
» 9 min. 40 ſec. ou 580 ſec. ſont à un quatriéme terme.
» On trouvera 60 degrez; ce qui montre qu'on ſeroit 60 d.
» à l'Occident de Paris, ou environ 40 deg. à l'Oueſt de
» l'Iſle-de-Fer, ou ce qui revient au même qu'on ſeroit
» par 320 degrez de longitude.

191. » Il faut remarquer que l'opération ſeroit plus
» ſûre, ſi l'on marquoit dans les Calendriers deſtinés pour
» les Marins, les deux paſſages de la Lune par le Méri-
» dien chaque jour, l'un au-deſſus de la Terre, & l'au-
» tre au-deſſous. La différence des deux répondroit à 180 d.
» & on courroit enſuite moins riſque de ſe tromper en
» cherchant les parties proportionnelles. Comme il n'a
» point encore été queſtion, pour les Pilotes, d'employer
» réellement à la découverte des longitudes, les lieux de
» la Lune, on ne s'eſt pas attaché à les calculer avec
» toute la rigueur poſſible pour les inſérer dans les Calen-
» driers, & on s'eſt auſſi diſpenſé de les y marquer en par-
» ties de minutes ou en ſecondes. Nos Tables Aſtrono-
» miques ſont néanmoins aſſez parfaites pour que nous
» puiſſions ne nous tromper maintenant tout au plus que
» d'un tiers de minute d'heure, en cherchant d'avance
» le tems du paſſage de cette Planéte par le Méridien d'un
» lieu déterminé. Cette erreur en peut cauſer une d'envi-
» ron 45 ou 50 lieues ſur la longitude: mais il y a encore
» à craindre les erreurs particuliéres que pourra commet-
» tre le Pilote en obſervant. Il nous reſte à expliquer la
» maniére de faire l'Obſervation, & il faut que nous deſ-
» cendions pour cela dans un aſſez grand détail.

192. » Nous avons déja donné pluſieurs moyens de
» régler en Mer les Montres ou Horloges, & nous avons

insisté beaucoup sur celui que fournissent les hauteurs « correspondantes du Soleil, prises devant &, après midi. « Rien n'empêche de trouver de la même maniére l'inf- « tant du passage de la Lune par le Méridien : on observera « la Planéte à deux hauteurs exactement égales vers l'O- « rient & vers l'Occident, & il n'y aura qu'à prendre le « milieu entre les instans des deux observations. La Lune « changera de déclinaison dans l'intervalle : ainsi il faudra « corriger le résultat ; ce qu'on fera aisément en se servant « des Tables de la Connoissance des Tems que nous em- « ployions dans le cinquiéme Chapitre pour le Soleil. Il « n'y aura aucune différence, si ce n'est que la correction « sera presque toujours plus forte pour la Lune, à cause de « son plus grand changement en déclinaison. «

193. » Il y aura encore une petite attention à avoir, « mais qu'on pourra négliger pour l'ordinaire. C'est le « changement de parallaxe de la Lune. S'il y a cinq ou « six heures d'intervalle entre les observations, l'anoma- « lie augmentera d'environ 3 degrez qui ne produiront ja- « mais guére qu'un tiers de minute d'augmentation ou de « diminution dans la parallaxe horisontale, & le change- « ment sera encore moins grand, lorsque l'Astre sera consi- « dérablement élevé. En tout cas si on vouloit avoir égard « à cette petite différence, il n'y auroit qu'à augmenter « ou diminuer un peu la seconde hauteur, au lieu de la « rendre exactement égale à la premiére. Ce changement « du quart ou d'un sixiéme de minute se feroit sur l'instru- « ment. Si la parallaxe alloit en augmentant, elle feroit « paroître l'Astre plus bas. Ainsi pour avoir la Lune exa- « ctement à la même hauteur du côté de l'Occident que « du côté de l'Orient, il faudroit retrancher la petite quan- « tité dont la parallaxe seroit plus grande. Si au contraire « la parallaxe diminuoit, elle feroit paroître l'Astre un peu « plus haut, quoiqu'il fût réellement à la même hauteur ; « & il faudroit donc alors prendre avec l'instrument une «

» hauteur un peu plus grande pour avoir une obſervation
» correſpondante de la premiére.

194. » Pour répandre plus de lumiére ſur tout ce que » nous venons d'expoſer, nous ſuppoſerons qu'étant par » 40 degrez de hauteur polaire ſeptentrionale le 27 Octo- » bre 1752, nous avons obſervé le Soleil à deux hauteurs » exactement égales le matin & le ſoir à 9 heures 43 min. » & à 2 heures 25 min. 30 ſec. Le lendemain nous avons » obſervé le même Aſtre à d'autres hauteurs correſpon- » dantes ou égales entr'elles à 8 heures 1 min. 30 ſec. » & à 4 heures 5 min. 46 ſec. & la nuit du 28 nous avons » pris des hauteurs correſpondantes de la Lune vers l'O- » rient & vers l'Occident à 2 heures 0 min. 0 ſec. & à » 7 heures 50 min. 40 ſec. du matin.

195. » Nous ne devons pas manquer de faire remar- » quer d'abord que deux obſervations faites ſur le Soleil » auroient ſuffi en calculant l'heure, comme nous l'avons » expliqué ci-devant N°. 123 & ſuivans. Il faut toujours » au moins s'aſſurer deux fois de l'état de l'Horloge ou de » la Montre, à moins qu'on ne déterminât l'heure, preſ- » que dans le même inſtant que la Lune paſſe au Mé- » ridien. On a beſoin dans tous les autres cas de deux ob- » ſervations faites à quelque intervalle l'une de l'autre, » parce que ce n'eſt pas aſſez de connoître l'état actuel » de l'Horloge, il faut encore connoître ſa marche ; & il » faut de plus que les obſervations ſur la Lune ſoient fai- » tes dans cet intervalle, à cauſe de l'irrégularité à la- » quelle la Montre eſt ſujette, tant par l'agitation de la » Mer, que par le changement continuel du Méridien » du Navire, qui fait que l'heure actuelle ſe rapporte ſans » ceſſe à un midi ou à un minuit différent.

196. » Nous venons maintenant au calcul que de- » mande l'exemple que nous nous ſommes propoſé. » On trouvera d'abord que l'Horloge, lorſqu'il eſt midi » le 27, marque 12 heures 4 min. 29 ſec. & que le len-

demain elle marquoit 12 heures 3 min. 53 sec. Ainsi « elle avancera de moins « en moins, ou ce qui re- « vient au même, elle ira en « retardant par jour de 36″. «

197. En cherchant de « la même maniére l'instant « du passage de la Lune par « le Méridien, on trouve 4 h. « 55′ 20″; mais il faut cor- « riger ce passage à cause du « changement en déclinai- « son de la Planéte. Sa décli- « naison sera d'environ 18 d. « septentrionale; ce qui avec « presque 6 heures d'inter- « valle entre les observa- « tions, ne donneroit que « 6″ de correction, s'il s'a- « gissoit du Soleil, mais la Lune change de déclinaison « de 2 d. 54 min. en 24 heures, au lieu que le Soleil ne « change que de 16 min. dans le même tems, lorsqu'il a « la même déclinaison. Il est facile de trouver de com- « bien le Soleil change en déclinaison, lorsqu'il est éloi- « gné de l'Equateur de 18 degrez. On verra qu'il a cette « déclinaison environ le 12 Nov. & on trouvera 16 min. « pour la différence d'un jour à l'autre ; mais il y a 2 d. « 54′ entre les déclinaisons marquées pour la Lune le 28 « & le 29 Octobre. Le dernier changement est donc en- « viron 11 fois plus grand, & au lieu de la correction 6″ « qu'il faudroit appliquer au passage par le Méridien pour « le Soleil, il faut employer environ 66 sec. ou 1 min. « 6″ pour la Lune, & on ajoutera cette correction, par- « ce que la Lune va en s'approchant du Pole abaissé. Nous « avons donc 4 heures 56 min. 26 sec. pour l'heure mar- « quée par l'Horloge, lorsque la Lune passe le 28 Octo- «

9 h.	43 m.	0″	
14 h.	25 m.	30″	
24 h.	8 m.	30″	
12 h.	4 m.	15″	Midi du 27.
		14″	Correction.
12 h.	4 m.	29″	Midi corrigé du 27.
8 h.	1 m.	30″	
16 h.	5 m.	46″	
24 h.	7 m.	16″	
12 h.	3 m.	38″	Midi du 28.
		15″	Correction.
12 h.	3 m.	53″	Midi corrigé du 28.
12 h.	4 m.	29″	Midi corrigé du 27.
12 h.	3 m.	53″	Midi corrigé du 28.
	0 m.	36″	Quantité dont l'Horloge retarde par jour.
2 h.	0 m.	0′	
7 h.	50 m.	40″	
9 h.	50 m.	40″	
4 h.	55 m.	20″	Passage de la Lune par le Méridien.
	1 m.	6″	Correction.
4 h.	56 m.	26″	Passage de la Lune au Mérid. selon l'Horloge.

» bre au matin par le Meridien, & il ne s'agit plus que
» de sçavoir quelle heure il est alors réellement.

198. » L'Horloge le 27 marque à midi $12^h. 4' 29''$; » elle avance de $4' 29''$; mais, puisqu'elle retarde de $36''$ » en 24^h, elle doit retarder d'environ $25\frac{1}{2}''$ depuis le midi » du 27 jusqu'à $4^h. 56\frac{1}{2}'$ du matin du 28. C'est ce qu'on » trouve par cette petite régle de Trois; si 24^h. donnent » $36''$ de retardement, combien 17^h. donneront-elles? » L'Horloge, au lieu d'avancer de $4' 29''$, ne doit donc » avancer que de $4' 29''$ moins $25\frac{1}{2}''$; ou de $4' 3\frac{1}{2}''$; & puis- » qu'elle avance encore de cette quantité, il faut rabattre » $4' 3\frac{1}{2}''$ de l'heure du passage $4^h. 56' 26''$ que marque » l'Horloge pour la Lune. On aura par conséqent $4^h. 52'$ » $22\frac{1}{2}''$ pour l'heure précise ou vraie qu'il étoit, lorsque la » Lune passoit au Méridien. Ce passage est marqué pour » Paris à $4^h. 40'$. Il y a donc $12' 22\frac{1}{2}''$ de différence, qui » répond à la différence des Méridiens; & on est à l'Occi- » dent, puisque la Lune a passé au Méridien après l'heure » marquée pour Paris dans le Livre de la Connoissance des » Tems.

199. » Il ne reste plus après cela qu'à voir combien » $12\frac{1}{3}'$ donnent de différence en longitude à proportion » de $58'$ qui répondent à 360 degrez. La régle de Trois » étant faite, il vient environ 77 degrez pour la quantité » dont on est à l'Occident de Paris; on est par conséquent » 57 deg. à l'Occident de l'Isle-de-Fer, & par 303 deg » de longitude. «

200. La méthode précédente de trouver la longitude en Mer, n'exige aucun travail difficile, ni rien qui soit au-dessus de la portée de la plûpart des Pilotes. Elle deviendra plus exacte à mesure qu'on perfectionnera les Tables du mouvement de la Lune; & elle est immédiate de même que les deux autres. Elles ne dépendent nullement du succès de toutes les observations qu'on peut avoir faites antécédemment depuis qu'on est en Mer; & s'il étoit possible qu'on eût perdu le fil de sa navigation, on

on le retrouveroit. Mais quand même ces méthodes feroient d'une précision & d'une étendue qu'elles n'ont pas, le Ciel peut se trouver couvert, & toutes les observations céleſtes peuvent manquer lorſqu'on eſt proche d'une côte, & qu'il s'agit d'aller la reconnoître. Il n'eſt pas même douteux que toutes les méthodes de trouver immédiatement la longitude, qu'on imaginera dans la ſuite, ne ſoient ſujettes au même inconvénient. Ainſi on peut aſſurer que les Pilotes ne ſeront jamais diſpenſés d'examiner continuellement le rumb qu'ils ſuivent, & de tenir compte de la quantité du chemin qu'ils ſont, pour pouvoir déterminer l'endroit de la Mer où ils ſont, par la réduction de leurs routes. Nous avons ſatisfait à tout ce que nous avions promis ſur les autres articles; mais il nous reſte à expliquer davantage ce dernier, en ſuppléant à l'uſage des Cartes Marines qui nous a paru trop limité à cet égard.



LIVRE CINQUIÉME,

De la Résolution des Routes de Navigation par diverses Méthodes.

PREMIERE SECTION,

Dans laquelle on explique la maniére de naviguer par le Quartier de Réduction.

CHAPITRE PREMIER.

Description du Quartier de Réduction, & Usage de cet Instrument pour la Résolution des Routes.

I.

1. ON a imaginé un grand nombre de différentes méthodes & de différens instrumens pour réduire les routes de Navigation ; mais comme il n'a pas été possible de trouver rien de plus simple ni de plus naturel que le Quartier de réduction, dont les Pilotes François se servent par préférence, nous partagerons ce cinquiéme Livre en deux Sections, & nous destinerons la premiére à l'explication de l'usage de cet instrument. Le

Quartier de réduction est comme une Carte qui convient à tous les endroits du Globe terrestre. On pointe, pour ainsi dire, les routes sur cet instrument; & après avoir vû la latitude & la longitude où elles conduisent, on transporte le point sur la Carte réduite.

2. Le Quartier est partagé en plusieurs petits quarrés par des lignes droites qui se coupent perpendiculairement; les unes sont les lignes Nord & Sud, & les autres les lignes Est & Ouest. Il y a aussi sur cette figure plusieurs quarts de cercles tracés qui ont leur centre dans un des angles; il part de ce même point plusieurs rayons qui font les uns avec les autres des angles de 11 deg. 15 min. & qui marquent les rumbs de vent. On voit un Quartier de réduction à la fin de ce Livre; il faut le coller sur une feuille de carton, & attacher un fil ou un crin au centre des arcs de cercles, pour suppléer aux rayons ou rumbs de vent qu'on ne peut pas tracer en assez grand nombre.

3. Il est facile de former sur cet instrument tous les triangles-rectangles possibles. Le fil qu'on peut tendre sur quelle direction on veut, représente l'hypothénuse. On en régle la longueur par le moyen des arcs qui sont également éloignés les uns des autres, & dont les intervalles se comptent aisément par la maniére dont ils sont distingués de cinq en cinq. On voit avec la même facilité la longueur des deux autres côtés par le moyen des autres lignes, qui laissent aussi entr'elles des intervalles égaux.

II.

Trouver combien une Route nous porte vers le Nord ou vers le Sud, & vers l'Est ou vers l'Ouest.

4. Le point *C*, lorsqu'il s'agit de réduire chaque route de Navigation, est toujours le point du départ. L'instrument peut représenter également chaque quart de l'Ho-

rifon. On peut prendre auffi bien le rayon *C A* pour le Sud que pour le Nord, & le rayon *CB* tient également lieu de l'Oueft que de l'Eft. Le Quartier de réduction fatisfait à cet égard à tous les befoins du Pilote, parce que les quatre portions de l'Horifon font divifées dans le même nombre de rumbs de vent. Si l'on a couru au NE, on prendra la ligne *CA* pour le Nord, & *CB* pour l'Eft; & la ligne du milieu fera le N E; on aura le N N E entre le Nord & le N E, &c. De même fi l'on veut courir à l'O S O, on prendra la ligne *C A* pour le Sud, & *CB* pour l'Oueft; la ligne du milieu fera le SO, & le rayon qui eft entre l'Oueft & le S O, fera l'O S O. La ligne qui repréfente le N E ou le S O, peut auffi, comme il eft évident, repréfenter le N O ou le S E, & ainfi des autres.

5. Un des grands avantages du Quartier, c'eft qu'il fert à rendre fenfibles les plus petites quantités. Si l'on n'a fait que très-peu de chemin, on peut prendre fes grands intervalles pour des lieues ou pour des tiers de lieue, & il fuffit de n'en pas changer la valeur pendant la même opération. Si on a couru un grand nombre de lieues, on prend les petits intervalles pour une lieue, pour quatre ou pour huit, &c. & les grands intervalles en valent cinq, vingt ou quarante, &c.

6. *Exemple.* On a couru 46 lieues au N O$\frac{1}{4}$N. On veut fçavoir combien on a avancé vers le Nord & vers l'Oueft?

Je prends la ligne *CA* pour le Nord, & la ligne *CB* pour l'Oueft; la ligne du milieu fera le N O, & *CD* fera le N O$\frac{1}{4}$N. Je fais valoir après cela chaque petit intervalle une lieue, les grands intervalles en vaudront cinq; ce qui m'aide à compter les 46 lieues par le moyen des arcs. Elles fe terminent en *E*, où je plante une épingle pour marquer le point de l'arrivée. Je compte enfuite les intervalles qu'il y a depuis *F* jufqu'en *E*, & j'ai les lieues avancées vers le Nord, qui font d'environ 38$\frac{1}{4}$. La quantité dont j'ai avancé vers l'Oueft, ou dont je me fuis éloigné du Méridien vers l'Occident, eft marquée par *G E*,

& elle eſt preſque de 25 lieues deux tiers.

7. *Second Exemple.* On a couru 206 lieues au NNE. On demande combien on a avancé de lieues vers le Nord & vers l'Eſt ?

La ligne *CH* eſt le NNE. On ne fera pas valoir chaque petit intervalle une lieue : car le Quartier de réduction ne ſe trouveroit pas aſſez grand ; on les prendra pour 4 lieues, & les grands en vaudront 20. On comptera donc de 20 lieues en 20 lieues, juſqu'à 200, & on prendra de plus un petit intervalle & la moitié d'un autre, pour achever les 206 lieues depuis *C* juſqu'en *O* où on piquera une épingle. On verra enſuite qu'on a fait 190 lieues au Nord ou dans le ſens des lignes Nord & Sud, & environ 79 lieues vers l'Eſt.

III.

Réduction des Lieues courues au Nord ou Sud, en degrez de différence en latitude.

8. On ne cherche les lieues qu'on a avancé vers le Nord ou vers le Sud, que pour ſçavoir le nombre de degrez & de minutes dont on a changé en latitude. On les convertit en degrez en les diviſant par 20 ; & pour faire cette opération d'une maniére bien courte, il n'y a qu'à retrancher la figure qui eſt à droite, & prendre la moitié du nombre qui reſte à gauche. Cette moitié donnera les degrez, & il faudra multiplier par 3 la figure retranchée pour avoir les minutes de ſurplus. Si on a, par exemple, avancé 62 lieues au Nord, la différence en latitude ſera de 3 deg. 6 min. On multiplie par 3 la figure retranchée, parce que, comme nous l'avons vû ci-devant, chaque lieue marine vaut trois minutes de degré.

9. Si l'on avoit avancé 215 lieues & un tiers vers le Nord ou vers le Sud, on trouveroit de la même maniére en convertiſſant ces lieues en degrez, que la différence en latitude eſt de 10 deg. 46 min. Lorſqu'on retranche

la figure 5, on a du côté gauche 21 qui valent 10 deg. 30 min. Les 5 lieues retranchées valent 15 min. de plus, & il faut encore mettre une minute pour le tiers de lieue.

10. On trouvera de la même maniére que les $38\frac{1}{4}$ li. que nous avons avancé vers le Nord dans le premier exemple de l'article précédent, valent environ 1 d. 55 m. de différence en latitude, & que les 190 du second exemple valent 9 d. 30 m.

11. La différente ſignification que nous donnons au mot de degrez, lorſque nous parlons de différence en latitude ou de rumb de vent, ne cauſe ſans doute aucune confuſion dans l'eſprit des Lecteurs. Cependant nous ajouterons ici, pour un plus grand éclairciſſement, que le degré a toujours rapport à un certain point pris pour centre. Si au lieu de ſuivre un certain rumb de vent ſur la Bouſſole, on prend quelques degrez plus vers le Nord ou vers le Sud; ces degrez ne produiront ſur les premieres parties de la route qu'un petit changement, & ils en produiront de plus en plus, à meſure qu'on fera plus de chemin; mais en général on ne peut pas dire qu'ils valent tant de toiſes ou tant de lieues, parce qu'ils ne font que meſurer la grandeur d'un angle, celui que forment les deux routes ou les deux rumbs de vent qui partent du centre de la Bouſſole, & dont la longueur n'eſt pas déterminée: moins loin, la diſtance entre les deux rumbs de vent ſera moindre;& plus loin, elle ſera plus grande, quoiqu'elle ſoit toujours du même nombre de degrez ou de minutes. Les degrez de latitude, & ceux de longitude pris ſur l'Equateur, ſe rapportent de même au centre du Globe, c'eſt-à-dire, qu'ils ſont compris entre les rayons qui partent de ce point. Mais la Terre a une certaine groſſeur; ainſi ſes degrez ſont pris à une diſtance déterminée du centre, & ils ont auſſi une grandeur donnée, qui eſt de 20 lieues dans les grands cercles, à cauſe de la groſſeur du Globe & des meſures qu'on a priſes pour régler la grandeur de la lieue.

IV.

Que la rondeur de la Terre n'empêche pas que les opérations précédentes faites sur le Quartier de Réduction, ne soient exactes.

12. Nous croyons qu'il est plus nécessaire de faire remarquer que le Quartier de réduction ne participe pas au défaut que nous avons remarqué ci-devant dans les Cartes plates. Les rumbs de vent sur la surface de la Terre, sont des lignes courbes ; mais on peut, comme on va le voir, les représenter sur le Quartier de réduction par des lignes droites sans inconvénient. On n'a qu'à jetter les yeux sur la *Figure* 53, & se souvenir que les loxodromies ou lignes courbes qu'on trace sur la surface de la Terre, en se servant de la Bouffole, font toujours un angle égal avec chaque Méridien, ou ligne Nord & Sud qu'elles rencontrent. Si on suppose après cela que la loxodromie est divisée en plusieurs petites portions comme *A F, F G, G H*, &c. chacune de ces petites parties produira une petite différence en latitude *A L*, *F M*, *G N*, &c. & il faut considérer qu'il y a le même rapport d'une portion de la loxodromie, comme *A F*, à sa différence en latitude correspondante *A L*, que de toute autre portion de la même loxodromie, comme *F G* ou *H I*, &c. à sa petite différence en latitude *F M* ou *H O*. Ainsi c'est précisément la même chose à cet égard que si les loxodromies ou rumbs de vent étoient des lignes droites, & que les Méridiens fussent paralleles entr'eux. Il s'en manque beaucoup que *A Q I* ne soit un triangle-rectiligne-rectangle sur la surface de la Mer ; mais néanmoins on peut le considérer comme tel sur le Quartier de réduction, lorsqu'il s'agit de trouver le rapport du chemin à la différence en latitude. On trouve tout d'un coup sur cet instrument la somme de toutes les petites différences en latitude *A L*, *F M*, *G N*, &c. lesquelles jointes ensemble forment *A Q* ou *D I*. Fig. 53.

Fig. 53. 13. L'opération qui donne les lieues avancées vers l'Eſt ou vers l'Oueſt, eſt également réguliere ; pourvû qu'elle ſoit priſe dans un certain ſens, & qu'elle ſoit bien entendue. On trouve la ſomme de toutes les petites parties *L F*, *M G*, *N H*, &c. mais ces petites parties reſtent toujours ſéparées, & elles ne forment pas une ligne continue ſur la ſurface du Globe; outre cela ces petites lignes jointes enſemble ne ſont égales ni à *Q I* ni à *A D*. Nous courons, par exemple, 100 lieues au N E : on verra ſur le Quartier de réduction que nous avancerons environ 70 li. & deux tiers vers le Nord, & la même quantité à l'Eſt. Il y aura réellement 70$\frac{2}{3}$ lieues depuis *A* juſqu'en *Q*, ou depuis *D* juſqu'en *I*; c'eſt le progrès vers le Nord ou le changement en latitude. Mais ce ne ſera pas la même choſe des 70$\frac{2}{3}$ lieues à l'Eſt ; elles ſeront courues par une infinité de petites portions ſur différens paralleles ; & jointes enſemble elles ſeront plus grandes que *Q I*, & moindres que *A D*.

14. On ſuppoſe dans la pratique de la Navigation que ces petites parties forment par leur addition la quantité *X Y* qui tient à peu près le milieu entre *Q I* & *A D*. Cette ſuppoſition, quoiqu'elle ne ſoit pas vraie dans la rigueur, ne peut produire aucune erreur ſenſible dans le Pilotage, à cauſe de la petiteſſe ordinaire des routes. Ainſi les 70$\frac{2}{3}$ li. dont le Quartier de réduction nous apprend que nous avons avancé vers l'Eſt, lorſque nous avons couru 100 li. au N E, depuis *A* juſqu'en *I*, ne ſont cenſées avoir été faites ni depuis *A* juſqu'en *D* ſur le parallele de la latitude du départ, ni depuis *Q* juſqu'en *I* ſur le parallele de l'arrivée : on les ſuppoſe faites depuis *X* juſqu'en *Y* par une latitude moyenne.

15. Mais ces mêmes lieues avancées vers l'Eſt ou vers l'Oueſt doivent produire plus ou moins de différence en longitude, ſelon qu'on eſt plus ou moins loin de l'Equateur. Si l'on court 20 lieues à l'Eſt ou à l'Oueſt dans la Zone torride, on ne change guére que d'un dégré en longitude,

longitude, au lieu que 20 lieues courues à l'Eſt par 60 degrez de latitude, donneroient 2 degrez de différence en longitude, parce que les degrez de longitude ſont deux fois plus petits par cette grande latitude. Les lieues que nous avons avancées vers l'Eſt ou vers l'Oueſt, & que nous ſommes obligés d'imaginer au milieu de notre route, ont donc beſoin d'une réduction particuliére, pour que nous ayons notre différence en longitude. Autrement le Quartier de réduction deviendroit abſolument ſemblable à la Carte plate, & il feroit ſujet à la même imperfection.

V.

Méthode de réduire en degrez de longitude les Lieues avancées vers l'Eſt, ou vers l'Oueſt.

16. Il s'agit lorſqu'on a avancé vers l'Eſt ou vers l'Oueſt un certain nombre de lieues ſur un parallele à l'Equateur, de trouver à combien de lieues, elles répondent ſur l'Equateur même. On a, par exemple, fait 200 lieues vers l'Eſt ſur le Globe terreſtre de la *Figure* 37 depuis *T* jusqu'en *L*: ces 200 lieues, ſi elles étoient courues ſur un grand cercle, vaudroient 10 degrez; mais dans le cas préſent elles doivent valoir davantage, à cauſe de la petiteſſe des degrez du parallele *B C*. Nous n'avons qu'à chercher de combien eſt l'intervalle *Z A* auquel elles répondent ſur l'Equateur: les eſpaces *T L* & *Z A* ſont équivalens quant à la longitude, parce qu'ils ſont compris entre les mêmes Méridiens. Fig. 37.

17. Ainſi lorſque nous aurons trouvé *Z A* en lieues; nous n'aurons qu'à le réduire en degrez, par l'évaluation de 20 au degré, & nous aurons la différence en longitude que produit *TL*. Suppoſé que l'opération que nous allons expliquer nous apprenne que *Z A* eſt de 300 lieues, pendant que *T L* eſt de 200, nous en conclurons

Fig. 37. que les 200 lieues faites ſur $T L$ valent 15 degrez de différence en longitude, parce qu'elles répondent exactement à 300 lieues qu'on auroit faites ſur l'Équateur, depuis Z juſqu'en A.

18. Lorſqu'on a recours à cette opération, *on réduit les lieues mineures en lieues majeures.* Feu mon pere trouva cette expreſſion autoriſée dans la Marine, il s'en ſervit dans ſon Traité complet de la Navigation, & elle eſt en uſage. Elle ſignifie qu'ayant couru un certain nombre de lieues ſur un parallele, qui eſt un petit cercle, on cherche à combien de lieues elles ſont équivalentes ſur l'Equateur qui eſt un grand cercle, ou cercle majeur. On a fait 200 lieues depuis T juſqu'en L; on les nomme *lieues mineures*, à cauſe de leur ſituation; elles ſont chacune auſſi longues que les autres, mais elles ſont courues ſur un cercle mineur: nous voulons ſçavoir combien ces 200 lieues mineures valent de degrez de longitude; nous les réduiſons en *lieues majeures*; c'eſt-à-dire, que nous cherchons à combien de lieues elles répondent ſur l'Equateur, qui eſt un grand cercle. Nous trouvons qu'il y a 300 lieues depuis Z juſqu'en A; les 200 lieues mineures valent autant que 300 lieues majeures, & elles produiſent donc 15 degrez en longitude.

19. La réduction des lieues mineures en lieues majeures ſe fait fort aiſément. Il eſt évident que ſur le Globe les eſpaces TL & ZA pris abſolument, ou meſurés en lieues, ſont dans le même rapport que les circonférences des cercles dont ils ſont parties. D'un autre côté ces circonférences ſont dans le même rapport que leurs rayons. Ainſi l'eſpace ZA eſt plus grand que TL, dans le même rapport que le rayon de l'Équateur eſt plus grand que le rayon du parallele BC; & il ſuit de-là que pour réduire les lieues mineures TL en lieues majeures ZA, il n'y a qu'à augmenter le nombre des premiéres dans le même rapport que le rayon de l'Equateur eſt plus grand que le rayon du parallele.

20. Supposé que *CB* (*Fig.* 33.) represente la moitié de l'axe de la Terre, & que *C* soit le centre, *B* un des Poles, *CA* un rayon de l'Equateur, & que *AD* marque la latitude de l'endroit où l'on est; il n'y a qu'à étendre les lieues mineures depuis *F* jusqu'en *D*, & on aura les lieues majeures depuis *C* jusqu'en *A*, ou depuis *C* jusqu'en *D*. Il est évident qu'on ne fait par cette opération que mettre entre les lieues mineures *FD* & les lieues majeures *CA*, le même rapport qu'il y a sur le Globe (*Fig.* 37.) entre *TL* & *ZA*. Si les lieues mineures formoient un plus grand espace que *FD*, il n'y auroit qu'à les étendre au-dessus, comme depuis *B* jusqu'en *H*; & si du point *C*, comme centre, & de l'intervalle *CH*, on décrivoit un plus grand cercle, on auroit les lieues majeures sur *CA* prolongée, ou, ce qui revient au même, on les auroit depuis *C* jusqu'en *H*. La latitude seroit toujours la même, & il y auroit toujours le même rapport entre les lieues mineures & les lieues majeures. Fig. 33.

21. Pour exécuter l'opération précédente sur le Quartier de réduction, on compte les degrez de latitude sur le quart de cercle gradué, en commençant au point *B*. Le Quartier ne représente pas alors l'Horison, ou la surface de la Mer, mais le quart du Méridien terrestre; la ligne *CB* prolongée plus ou moins, représente le rayon de l'Equateur, & *CA* la moitié de l'axe de la Terre. On tend le fil sur la latitude : on compte ensuite les lieues mineures parallelement à *CB*, jusqu'à la rencontre du fil sur lequel on plante une épingle; & on a le long du fil les lieues majeures qu'on compte sur les arcs, & qu'il ne reste plus qu'à évaluer, en prenant chaques 20 lieues pour un degré.

22. *Premier Exemple.* On est par 42 degrez de latitude, & on a avancé 61 lieues à l'Est ou à l'Ouest. On demande le changement en longitude?

Après avoir compté 42 degrez sur le quart de cercle *AB* du Quartier de réduction, depuis le point *B*, je tends

Fig. 37. le fil fur ce nombre de degrez ; fa fituation eft repréfentée par une ligne ponctuée. Je compte enfuite les 61 lieues mineures parallelement à *CB*, depuis *I* jufqu'en *K*, & je plante une épingle dans ce dernier point : j'ai fait valoir les petits intervalles 2 lieues, & les grands 10. Je trouve enfin les lieues majeures le long du fil, en les comptant par le moyen des arcs, & j'ai 82 lieues depuis *C* jufqu'en *K*. Ainfi 61 lieues mineures, ou 61 lieues courues à l'Eft ou à l'Oueft, lorfqu'on eft éloigné de l'Equateur de 42 deg. font équivalentes à environ 82 lieues majeures, ou à 82 lieues courues fur l'Equateur ; c'eft-à-dire, qu'elles valent 4 deg. 6 min.

23. *Second Exemple.* On eft par 50 deg. 30 min. de latitude, & on a avancé 105 lieues à l'Eft ou à l'Oueft. On demande combien on a changé en longitude ?

On tendra le fil fur 50 deg. 30 min. de latitude, & comptant les 105 lieues mineures parallelement à *CB*, on s'arrêtera à la rencontre du fil, & on y plantera une épingle. On trouvera enfuite le long du fil environ $165\frac{2}{3}$ lieues majeures, qui valent 8 deg. 17 min. de différence en longitude.

24. Il faut bien fe reffouvenir que les lieues mineures doivent toujours fe compter parallelement au rayon de l'Equateur, ou qu'elles doivent fe trouver étendues felon le Sinus complément de la latitude. C'eft ce qu'on voit évidemment dans la *Figure* 33. La latitude fe compte depuis *A* jufqu'en *D*, & le complément fe trouve depuis *D* jufqu'en *B*. Le Sinus de ce dernier arc eft *FD*, & il repréfente les lieues mineures, pendant que le Sinus total *CD* ou *CB* repréfente les lieues majeures. Les explications précédentes étant fuppofées, on ne trouvera aucune difficulté dans les Problêmes de Navigation que nous allons nous propofer : nous ne ferons toujours pour les réfoudre que répéter les opérations précédentes.



CHAPITRE II.

Résolution des Problêmes généraux de Navigation par le Quartier de Réduction.

25. ON a vû, lorsque nous avons traité des Cartes Marines, qu'il se présente plusieurs Problêmes, selon les différentes particularités qu'on connoît de la route, & celles qu'on veut découvrir. Nous allons parcourir ces Problêmes, en les éclaircissant par des exemples.

I.

PREMIER PROBLEME GENERAL.

26. On connoît dans ce premier Problême le point du départ, le rumb de vent qu'on a suivi, & le nombre de lieues qu'on a courues. Il s'agit de déterminer le point d'arrivée.

27. *Premier Exemple.* On est parti de 40 deg. 45 min. de latitude Nord, & de 15 deg. 20 min. de longitude. On a couru 60 lieues au NE $\frac{1}{4}$ N. On demande la latitude & la longitude d'arrivée ?

	Deg.	Min.	
Latitude du départ Nord.	40	45	50 Lieues Nord.
Différence en latitude Nord . . .	2	30	33$\frac{1}{2}$ Lieues mineures Est.
Latitude d'arrivée Nord	43	15	40 d. 45 m.
Moyen parallele.	42	0	43 15
Longitude du départ.	15	20	84 d. 0 m.
Différence en longitude Est . . .	2	15	42 d. 0 m. Moyen parall.
Longitude d'arrivée.	17	35	45 Lieues majeures Est.

EXPLICATION.

28. On disposera les articles comme ci-dessus, en les écrivant, & on mettra vis-à-vis les quantités qu'on con-

noît déja, telles que la latitude du départ 40 deg. 45 min. & la longitude 15 deg. 20 min. On remplira les autres articles à mesure qu'on avancera dans l'opération. On comptera sur le Quartier de réduction 60 lieues le long du N E $\frac{1}{4}$ N. Ce rumb de vent est représenté par la ligne *C D*, pendant qu'on prend *C A* pour le Nord, & *C B* pour l'Est. Les 60 lieues se termineront en *L*, si l'on prend les petits intervalles pour 2 lieues, & les grands pour 10. L'épingle étant piquée dans le point *L*, on aura les lieues Nord le long de *Q L*, on en trouvera 50, & les lieues Est ou les lieues mineures se trouveront le long de *P L*: on verra qu'il y en a environ 33$\frac{1}{2}$. On écrira ces lieues à part de même que les lieues Nord, comme on le voit ci-dessus.

29. On réduira ensuite les lieues Nord, en se ressouvenant que chaque degré de latitude est de 20 lieues; ainsi nos 50 lieues au Nord valent 2 deg. 30 min. de différence en latitude, qui est Nord, parce qu'on a couru au Nord: on écrit cette différence en latitude dans son article, & il faut l'ajouter avec la latitude du départ, parce qu'on s'est éloigné de l'Equateur. On trouve 43 deg. 15 min. pour la latitude d'arrivée.

30. La réduction en degrez de longitude des 33$\frac{1}{2}$ lieues mineures Est, demande, comme on le sçait déja, un peu plus de peine. Ces 33$\frac{1}{2}$ lieues sont courues sur un petit cercle: ce sont des lieues mineures, & il faut les réduire en lieues majeures; c'est-à-dire qu'il faut chercher à combien de lieues elles répondent sur l'Equateur. On fait une somme des deux latitudes, & on en prend la moitié pour avoir *le moyen parallele*, 42 deg. 0 min. C'est sur ce moyen parallele qu'il faudra réduire les 33$\frac{1}{2}$ lieues mineures en lieues majeures. Nous ne devons les réduire ni sur le parallele de la latitude du départ, ni sur celui de la latitude d'arrivée, mais sur le parallele de la latitude qui tient le milieu, conformément à la remarque que nous avons faite plus haut (N°. 14.)

31. Il faut donc compter 42 degrez sur l'arc gradué du

Quartier de réduction, en commençant au point *B*. On tendra le fil, & on comptera ensuite les lieues mineures parallelement au côté *C B*; ou ce qui revient au même, on n'a qu'à faire monter ou descendre parallelement aux lignes Nord & Sud l'épingle qui étoit en *L*, & on la plantera dans le point *M*, où on rencontre le fil du moyen paralléle. Ce sera précisément la même chose que si l'on comptoit les lieues mineures depuis *N* jusqu'en *M*; & on aura sur les arcs le long du fil, 45 lieues majeures qui valent 2 deg. 15 min. de différence en longitude. On ajoutera cette différence, parce qu'en courant à l'Est, on augmente en longitude. Il vient donc 17 deg. 35 min. pour la longitude d'arrivée : & le Problême est entiérement résolu.

32. *Second Exemple.* On est parti de 50 deg. 30 min. de latitude Nord, & de 359 deg. 6 min. de longitude ; on a couru 40 lieues au S E 3 deg. E. On demande la latitude & longitude d'arrivée.

	Dég.	Min.	
Latitude du départ N.	50	30	$26\frac{2}{3}$ Lieues Sud.
Différence en latitude S	1	20	$29\frac{3}{4}$ Lieues mineures Est.
Latitude d'arrivée N.	49	10	50 d. 30 m.
Moyen parallele.	49	50	49 10
Longitude du départ	359	6	99 d. 40 m.
Différence en longitude E.	2	19	49 d. 50 m. Moyen parall.
Longitude d'arrivée.	1	25	$46\frac{1}{3}$ Lieues majeures Est.

EXPLICATION.

33. Après avoir disposé les articles comme ci-dessus, je tends le fil du Quartier de réduction sur le S E 3^{d}. E, pour représenter la route que nous avons faite. Cette direction est marquée par la ligne ponctuée *C K*, lorsqu'on prend la ligne *C A* pour le Sud, & la ligne *C B* pour l'Est; la ligne *C K* est éloignée du S E de 3 degrez vers l'Est. Je compte après cela le long du fil les 40 lieues que j'ai courues, & je pique une épingle dans le point où elles se terminent. On peut prendre les petits intervalles pour deux lieues, ou pour une lieue; mais nous préférons ici cette seconde maniére de compter,

afin de rendre plus ſenſibles les moindres parties de la lieue. Je pique l'épingle dans le point *R*, & je trouve que je me ſuis écarté de la ligne Eſt & Oueſt *CB*, de $26\frac{2}{3}$ li. qui eſt la quantité dont je ſuis deſcendu vers le Sud ; & je vois en même tems que je me ſuis éloigné de la ligne Nord & Sud *CA*, de $29\frac{3}{4}$ lieues, & ce ſont mes lieues mineures, qui ſont Eſt.

34. Les $26\frac{2}{3}$ lieues au Sud valent 1 degré 20 min. de différence en latitude Sud. C'eſt toujours le ſens dans lequel on marche qui régle la dénomination de la différence en latitude : quoiqu'on ſoit dans la partie du Nord de la Terre, la différence en latitude eſt Sud, toutes les fois que la route qu'on ſuit tient quelque choſe du Sud. Il faut dans le cas préſent la ſouſtraire de la latitude du départ, puiſqu'on s'eſt approché de l'Equateur. Le moyen parallele ſera 49 deg. 50 min. & ſi après avoir tendu le fil ſur ce nombre de degrez, qu'on fera commencer en *B*, on compte les lieues mineures de côté, ou ſi on fait monter l'épingle parallelement aux lignes Nord & Sud, juſqu'à la rencontre du fil, on trouvera par les arcs, $46\frac{1}{3}$ lieues majeures, qui valent 2 deg. 19 min. de différence en longitude. Nous avons ajouté cette différence à la longitude du départ, parce que nous avons couru à l'Eſt. Il nous vient donc 361 deg. 25 min. ou 1 degré 25 minutes, pour la longitude d'arrivée, en rejettant 360 degrez.

35. *Troiſiéme Exemple.* On eſt parti de 55 deg. de latitude Sud, & de 2 deg. 50 min. longitude : on a couru 200 lieues au S O $\frac{1}{4}$ O. On demande la latitude & longitude d'arrivée ?

	Deg.	Min.	
Latitude du départ S	55		111 Lieues Sud.
Différence en latitude S	5	33	$166\frac{1}{3}$ Lieues mineur. Oueſt.
Latitude d'arrivée S	60	33	55 d.
Moyen parallele	57	46	60 d. 33 m.
Longitude du départ	362	50	115 p. 33 m.
Différence en longitude O	15	39	57 46 Moyen parall.
Longitude d'arrivée.	347	11	313 Lieues majeur. Oueſt.

EXPLICATION.

EXPLICATION.

36. Nous avons ajouté la différence en latitude à la latitude de départ, parce qu'en courant au Sud, nous nous ſommes éloignés de l'Équateur. Quant à la longitude, nous avons diminué, en courant à l'Oueſt; mais comme notre longitude du départ n'étoit pas aſſez grande pour pouvoir faire la ſouſtraction, au lieu d'écrire 2 deg. 50 min. nous avons mis 362 deg. 50 min. ce qui eſt préciſément la même choſe, & nous avons trouvé 347 deg. 11 min. pour la longitude d'arrivée. Nous avons paſſé le premier Méridien, & nous ſommes arrivés de l'autre côté: ce ſeroit 12 deg. 49 min. de longitude Occidentale, ſelon la maniere de compter de quelques Pilotes.

37. *Quatriéme Exemple.* On eſt parti de 0 deg. 15 min. de latitude Sud, & de 15 deg. 30 min. de longitude; on a couru $53\frac{1}{2}$ lieues au NNO de la Bouſſole, pendant que la variation étoit de 10 deg. NO. On demande la latitude & la longitude d'arrivée?

	Deg.	Min.	
Latitude du départ S	0	15	45 Lieues Nord.
Différence en latitude N	2	15	29 Lieues mineures Oueſt.
Latitude d'arrivée N	2	0	
Moyen parallele	1	0	
Longitude du départ	15	30	29 Lieues majeures Oueſt.
Différence en longitude O	1	27	
Longitude d'arrivée	14	3	

38. Nous ſuppoſons dans cet Exemple que la Bouſſole a de la variation; & puiſque cette variation eſt de 10 deg. NO, il eſt évident que pendant que nous croyions courir au NNO, nous avons couru effectivement au NNO 10 deg. O. Il ne faut donc pas tendre le fil ſur la ligne *CH*, qui repréſente le NNO; mais il faut s'en écarter de 10 deg. vers *CB*, qui repréſente l'Oueſt, pendant que *CA* repréſente le Nord. Nous avons enſuite pris chaque petit intervalle pour une lieue, & ayant planté l'é-

pingle en *T*; nous trouvons que nous avons avancé de 45 lieues vers le Nord, & de 29 vers l'Oueſt.

39. On n'étoit d'abord que par 0 deg. 15 min. de latitude Sud, & puiſqu'on a avancé 45 lieues vers le Nord, ou 2 degrez 15 minutes, on a traverſé l'Equateur, & on eſt parvenu à 2 degrez de latitude Septentrionale. On doit paſſer ainſi d'un Hémiſphere dans un autre, toutes les fois qu'on court vers l'Equateur, & que la différence en latitude eſt plus grande que la latitude du départ. Les Commençans n'ont qu'à jetter les yeux ſur la Carte réduite, pour diſſiper toutes les difficultés qui ſe préſentent à eux ſur ce ſujet. Lorſque les latitudes ſont de différentes dénominations, celle du départ & celle d'arrivée, on ſe contente de prendre le moyen parallele pour la plus forte; c'eſt-à-dire, qu'on prend la moitié de la plus grande. Les lieues mineures & les lieues majeures ſont ici ſenſiblement égales, parce qu'on eſt à très-peu de diſtance de l'Equateur.

I I.

SECOND PROBLÊME GÉNÉRAL.

40. On connoît le point du départ, le rumb de vent qu'on a ſuivi, & la latitude d'arrivée. On demande la longueur du chemin qu'on a fait, & la longitude d'arrivée.

41. *Premier Exemple.* On eſt parti de 40 deg. 45 min. latitude Sud, & de 250 deg. de longitude, on a couru au S E $\frac{1}{4}$ S, juſques par la latitude de 43 deg. 15. min. auſſi Sud. On demande le nombre de lieues qu'on a courues, & la longitude de l'arrivée?

	Deg.	Min.
Latitude du départ S	40	45
Latitude d'arrivée S	43	15
Différence en latitude S.	2	30
Moyen parallele.	42	0
Longitude du départ	250	0
Différence en longitude E	2	15
Longitude d'arrivée	252	15
Lieues de diſtance 60.		

33$\frac{1}{2}$ Lieues mineures Eſt.		
40 d.	45 m.	
43	15	
84 d.	0 m.	
42	0	Moyen parall.
45 Lieues majeures Eſt.		

EXPLICATION.

42. On écrit les articles dans l'ordre qu'on voit ci-dessus, en rempliſſant ceux dont on connoît les quantités. On ôte une latitude de l'autre, & on peut, ſi on le veut, pour rendre l'opération plus facile, mettre toujours la plus grande latitude la premiere. Il vient dans cet Exemple 2 deg. 30 min. pour la différence en latitude, laquelle vaut 50 lieues qu'on a avancées vers le Sud. Il faudra après cela tendre le fil ſur le rumb de vent, c'eſt-à-dire, ſur la ligne *CD*, qui repréſente le S E $\frac{1}{4}$ *S*, & on comptera, en s'éloignant de *CB*, les 50 lieues dont on a avancé vers le Sud, ou dont on a changé de latitude. Si l'on prend chaque petit intervalle pour 2 lieues, les 50 lieues comptées parallelement à *CA*, viendront ſe terminer au point *L*, où on plantera une épingle. On aura depuis *C* juſqu'en *L* les lieues de diſtance ou la quantité du chemin qu'on a fait; elle eſt de 60 lieues, & les lieues mineures *E* ſeront de 33 $\frac{1}{2}$ le long de *PL*.

43. On cherchera enſuite le moyen parallele comme à l'ordinaire, & réduiſant les lieues mineures en lieues majeures, on en trouvera 45, qui valent 2 deg. 15 min. de différence en longitude, qu'on ajoutera, parce que la route a été faite vers l'Eſt.

44. *Second Exemple.* On eſt parti de 50 deg. 30 min. de latitude Nord, & de 1 degré de longitude, on a couru au S E ſur un compas qui avoit 3 degrez de variation N O, juſqu'à ce qu'on ſoit arrivé par 49 deg. 10 min. de latitude auſſi Nord. On demande les lieues de diſtance & la longitude d'arrivée?

	Deg.	Min.
Latitude du départ N	50	30
Latitude d'arrivée N	49	10
Différence en latitude S.	1	20
Moyen parallele	49	50
Longitude du départ	1	
Différence en longitude E. . . .	2	19
Longitude d'arrivée.	3	19
Lieues de diſtance 40.		

$29\frac{3}{4}$ Lieues mineures Eſt.
50 d. 30 m.
49 10
99 d. 40 m.
49. 50 Moyen parall.
$46\frac{1}{3}$ Lieues majeures Eſt.

45. Nous avons ſuppoſé dans cet exemple que la Bouſſole avoit 3 degrez de variation N O ; ce qui a dû tromper le Pilote, ſur la direction de ſa route. Lorſque la variation eſt N O, tous les rumbs de vent de la Bouſſole du côté de l'Oueſt, doivent s'approcher du Sud, & les rumbs de vent de l'Eſt doivent s'approcher du Nord. Ainſi pendant qu'on s'imaginoit ſuivre le S E, on couroit effectivement au S E 3 deg. E, & c'eſt donc ce dernier rumb de vent qu'il faut faire convenir avec 1 deg. 20 min. de différence en latitude, ou avec les $26\frac{2}{3}$ lieues avancées vers le Sud. J'ai fait valoir les petits intervalles une lieue, & j'ai piqué l'épingle en *R*; ce qui m'a mis en état de voir que le chemin *CR* étoit de 40 lieues, & qu'il y avoit $29\frac{3}{4}$ lieues mineures.

46. *Troiſiéme Exemple.* On eſt parti de 0 deg. 15 min. de latitude Sud, & de 110 deg. de longitude, on a couru au N N O 10 deg. O, juſques par 2 deg. de latitude Nord. On demande les lieues de diſtance & la longitude d'arrivée.

	Deg.	Min.	
Latitude du départ S	0	15	29 Lieues mineures Oueſt.
Latitude d'arrivée N	2	0	
Différence en latitude N	2	15	
Moyen parallele.	1	0	
Longitude du départ	110	0	29 Lieues majeures Oueſt.
Différence en longitude O. . . .	1	27	
Longitude d'arrivée.	108	33	
Lieues de diſtance $53\frac{1}{2}$			

47. Les deux latitudes ſont de différentes dénominations dans cet Exemple : l'une eſt Nord & l'autre Sud. Il faut dans ce cas les ajouter pour avoir leur différence. Car, à proprement parler, la quantité que nous nommons différence eſt plutôt l'intervalle entre les deux latitudes, ou leur changement. On eſt parti de 0 deg. 15 min. de latitude Sud, & arrivé par 2 deg. de latitude N. il faut pour cela avoir avancé vers le N. ou avoir changé en latitude de 2 deg. 15 min. valeur de 45 lieues Nord. On plantera d'abord l'épingle en *T*, ſi on prend chaque petit intervalle pour une lieue, &c.

III.

TROISIÉME PROBLÊME GENÉRAL.

48. On connoît dans ce Problême le point du départ & la latitude d'arrivée avec la longueur du chemin qu'on a fait. On demande le rumb de vent qu'on a suivi, & la longitude d'arrivée.

49. *Premier Exemple.* On eſt parti de 50 deg. 30 min. de latitude N. & de 35 deg. 10 min. de longitude, on a couru 45 lieues entre le Sud & l'Eſt, & on s'eſt trouvé par 49 deg. 0 min. de latitude auſſi Nord. On demande le rumb de vent auquel on a couru, & la longitude d'arrivée.

	Deg.	Min.
Latitude du départ N.	50	30
Latitude d'arrivée N.	49	0
Différence en latitude S	1	30
Moyen parallele.	49	45
Longitude du départ	35	10
Différence en longitude E. . . .	2	36
Longitude d'arrivée.	37	46
Rumb de vent S E 3 d. E.		

$33\frac{1}{2}$ Lieues mineures Eſt.
50 d. 30 m.
49 0
99 d. 30 m.
49 45 Moyen parall.
52 Lieues majeures Eſt.

EXPLICATION.

50. On trouvera la différence en latitude, comme dans le Problême précédent; elle eſt de 1 deg. 30 min. valeur de 30 lieues Sud que je compte ſur le côté *CA*, depuis *C* juſqu'en *N*, en prenant chaque petit intervalle pour deux lieues. Je compte enſuite ſur les arcs les 45 lieues de chemin, & les faiſant convenir avec la différence en latitude, ou les 30 lieues Sud, je plante l'épingle en *M*. J'ai les lieues mineures $33\frac{1}{2}$, depuis *N* juſqu'en *M*; & tendant le fil de maniere qu'il paſſe par ce dernier point, j'ai le S E 3 deg. E pour mon rumb de vent. Il ne me reſte plus après cela qu'à chercher le moyen parallele, & à réduire les lieues mineures en lieues majeures.

51. *Second Exemple.* On eſt parti de 48 deg. 45 min.

de latitude Nord, & de 2 deg. 50 min de longitude : on a couru 160 lieues entre le Sud & l'Oueſt, & on eſt arrivé par 43 deg. 30 min. de latitude auſſi Nord. On demande le rumb de vent qu'on a ſuivi, & la longitude d'arrivée ?

	deg.	min.	
Latitude du départ N.	48	45	$120\frac{3}{4}$ Lieues mineures O.
Latitude d'arrivée N	43	30	48 d. 45 m.
Différence en latitude S	5	15	43 30
Moyen parallele	46	7	92 d. 15 m.
Longitude du départ.	362	50	46 7 Moyen parall.
Différence en longitude.	8	43	
Longitude d'arrivée.	354	7	$174\frac{3}{4}$ Lieues majeures O.
Rumb de vent S O 4 d. O.			

I V.

QUATRIEME PROBLEME GENERAL.

52. On connoît les latitudes & longitudes du départ & d'arrivée, & on veut trouver le rumb de vent qui conduit d'un de ces points à l'autre, & la longueur du chemin. Ce Problême eſt abſolument l'inverſe du premier, Deux points ſont donnés ſur la ſurface du Globe terreſtre, par la connoiſſance qu'on a de leurs latitude & longitude : on cherche combien il y a de lieues de diſtance entre ces deux points & leur direction reſpective.

53. *Premier Exemple.* On eſt parti de 40 deg. 45 min. latitude Nord, & de 354 deg. de longitude, on eſt arrivé par 43 deg. 15 min. de latitude auſſi Nord, & par 356 deg. 15 min. de longitude. On demande le rumb de vent & les lieues de diſtance.

	deg.	min.	
Latitude du départ N.	40	45	45 Lieues majeures Eſt.
Latitude d'arrivée N	43	15	40 d. 45 m.
Différence en latitude N	2	30	43 15
Moyen parallele	42	0	84 d. 0 m.
Longitude du départ.	354	0	42 0 Moyen parall.
Longitude d'arrivée.	356	15	
Différence en longitude E	2	15	$33\frac{1}{2}$ Lieues mineures Eſt.
Rumb de vent N E $\frac{1}{4}$ N.			
Lieues de diſtance 60.			

EXPLICATION.

54. On trouvera la différence en latitude comme ci-devant. Elle eſt Nord, puiſqu'on eſt dans l'Hémiſphere Septentrional, & qu'on augmente en latitude. Ainſi on a couru vers le Nord. La différence en longitude ſe trouve auſſi en ôtant une des longitudes de l'autre, & cette différence eſt Eſt, puiſque la longitude d'arrivée eſt plus grande que l'autre. Les 2 deg. 15 min. dont on la trouve, valent 45 lieues majeures. C'eſt-à-dire que notre route, quant au changement en longitude qu'elle a produit, répond à 45 lieues étendues le long de l'Equateur. Il faut après cela faire le contraire de ce que nous faiſions. Les 45 lieues majeures doivent être réduites en lieues mineures, afin que nous ſçachions combien de lieues nous avons avancé effectivement vers l'Eſt ſur le parallele où ſe fait notre navigation.

55. Nous tendons le fil ſur les 42 degrez du moyen parallele, & comptant les 2 deg. 15 min. de différence en longitude le long du fil ou les 45 lieues majeures, nous plantons l'épingle en *M*, en prenant chaque petit intervalle pour 2 lieues, & nous trouvons 33½ lieues mineures depuis *N* juſqu'en *M*. Enfin nous faiſons quadrer ces 33½ lieues mineures, avec la différence en latitude 2 d. 30 min. ou les 50 lieues Nord qu'on comptera depuis *C* juſqu'en *P*. On tranſportera l'épingle de *M* en *L*; on aura en *CL*, 60 lieues pour le chemin, & on verra en même tems qu'on a couru au N E ¼ N; puiſque la différence en latitude eſt Nord, & la différence en longitude eſt Eſt. Ce feroit au contraire le S O ¼ S, ſi l'on avoit diminué en latitude & en longitude.

56. *Second Exemple.* Un lieu eſt par 58 deg. 45 min. de latitude Nord, & 7 deg. 30 min. de longitude. Un autre eſt par 52 deg. 30 min. de latitude auſſi Nord, & par 354 deg. 54 min. de longitude. On demande le chemin de l'un à l'autre.

	Deg.	Min.
Latitude du départ N	58	45
Latitude d'arrivée N	52	30
Différence en latitude S.	6	15
Moyen parallele	55	37
Longitude du départ	367	30
Longitude d'arrivée	354	54
Différence en longitude O.	12	36
Rumb de vent S O 3 d. 40 m. O.		
Lieues de distance 189.		

252 Lieues majeures O.
58 d. 45 m.
52 30
111 d. 15 m.
55 37 Moyen parall.
142 Lieues mineures Est.

57. La différence en latitude est Sud dans cet Exemple, puisqu'on a diminué en latitude; & cela, lorsqu'on est par une latitude Nord. Au lieu d'écrire 7 deg. 30 min. de longitude du départ, nous avons mis 367 d. 30 min. Cette augmentation étoit nécessaire pour pouvoir trouver la différence en longitude par le plus court chemin. Cette différence est Ouest, puisqu'on a diminué en longitude, & les 12 deg. 36 min. valent 252 lieues majeures qu'il faut réduire en lieues mineures. On les comptera pour cela le long du fil qu'on aura tendu sur le moyen parallele 55 deg. 37 min. & on trouvera de côté 142 lieues mineures qu'il ne reste plus qu'à faire quadrer avec les lieues Sud qui sont de 125 lieues.

58. On apprend par ce Problême que pour se rendre du point proposé à l'autre, il faut faire le S O 3 d. 40 m. O Mais si on vouloit faire cette route avec une Boussole qui eût de la variation, ce seroit le cas où il faudroit prévenir l'erreur dans laquelle on tomberoit, si l'on ne se précautionnoit pas. Supposé que la variation soit N O de 4 deg. tous les rumbs de vent de la Boussole, qui sont du côté de l'Ouest, doivent s'approcher du Sud de cette même quantité. Ainsi en suivant le S O 3 deg, 40 min. O, on courroit moins vers l'Ouest; & il faut donc s'éloigner davantage du S O vers l'O. On prendra le S O 7 d. 40 m. O sur la Boussole; la variation sera ensuite cause qu'on ne courra effectivement qu'au S O 3 deg. 40 min. O.

59. *Troisiéme Exemple.* On est parti de 5 deg. de latitude Sud & de 357 deg. de longitude, & on est arrivé par 7 d. de

de latitude Nord, & par 8 deg. de longitude. On demande les lieues de distance & le rumb de vent.

	Deg.	Min.	
Latitude du départ S.	5	0	220 Lieues majeures Est.
Latitude d'arrivée N	7	0	
Différence en latitude N	12	0	219 Lieues mineures Est.
Moyen parallele	3	30	. . . .
Longitude du départ.	357	0	. . . .
Longitude d'arrivée	368	0	. . . .
Différence en longitude E.	11	0	. . . .
Rumb de vent N E 2 d. 40 m. N.			
Lieues de distance 325.			

60. Il a fallu dans cet Exemple ajouter ensemble les deux latitudes pour avoir leur différence, parce qu'elles sont de diverses dénominations. On a traversé l'Equateur & on a avancé vers le Nord. Nous avons trouvé le moyen parallele en prenant la moitié de la plus grande latitude. La différence en longitude est E : on a augmenté en longitude : car 8 degrez est la même chose que 368 deg. qui est plus grand que 357 deg. Les 11 degrez de différence en longitude valent 220 lieues majeures, & les lieues mineures se sont presque trouvées de la même quantité à cause du voisinage où on étoit de l'Equateur. On a enfin fait quadrer les 219 lieues mineures avec les 12 degrez de différence en latitude ou les 240 lieues Nord, & on a trouvé les lieues de distance & le rumb de vent.

V.

CINQUIE'ME PROBLE'ME GE'NE'RAL.

61. On connoît le point du départ & la longitude « d'arrivée avec le rumb de vent ; on demande les lieues « de distance & la latitude d'arrivée ? «

62. *Exemple.* On est parti de 45 deg. 20 min. de lati- « tude Nord, & 323 deg. de longitude, on a couru au « N E 3 deg. E jusques par 345 deg. 36 min. de longitude. «

» On demande les lieues de distance & la latitude d'ar-
» rivée.

	Deg.	Min	
Latitude du départ N.	45	20	. . . .
Latitude d'arrivée N	57	50	. . . .
Différence en latitude N	12	30	. . . .
Longitude du départ.	323		. . . .
Longitude d'arrivée.	345	36	. . . .
Différence en longitude E.	22	36	. . . .
Lieues de distance 374.			

EXPLICATION.

63. » On se sert du Quartier de réduction comme d'une » Carte réduite pour résoudre ce Problême ; ce qu'on » exécute par le moyen d'une échelle des latitudes crois-» santes ou d'un Méridien gradué de Carte réduite qui est » ordinairement à côté du Quartier. Cette échelle a son » premier degré égal à un des intervalles du Quartier de » réduction. Ainsi on peut regarder les divisions du rayon *CB* » comme celles de l'Equateur sur les Cartes réduites ; & » il ne reste qu'à étendre sur le rayon *C A* la partie con-» venable du Méridien gradué, pour rendre la conformité » absolument parfaite.

64. » Dans l'exemple que nous nous sommes proposé, » la différence en longitude est de 22 deg. 36 min. nous » la comptons sur *C B*, en prenant chaque petit inter-» valle pour un degré, & en commençant en *C*; elle se » termine en *V*. Nous tendons ensuite le fil sur le rumb » de vent, & prenant avec un compas commun la dis-» tance du point *V* jusqu'au fil, en mesurant cette distance » parallelement aux lignes Nord & Sud, nous aurons la » différence en latitude *VX* qu'il ne restera plus qu'à porter » sur l'échelle des latitudes croissantes, en mettant une » des pointes du compas sur la latitude du départ, & l'au-» tre pointe en-dessus ou en-dessous, selon qu'on s'éloi-» gne ou s'approche de l'Equateur ; & on aura la latitude » d'arrivée, qui se trouve ici de 57 deg. 50 min. La diffé-» rence en latitude sera donc de 12 deg. 30 min. ou de

250 lieues qu'on comptera sur les lignes Nord & Sud « pour les faire convenir avec le rumb de vent. On trou- « vera 374 lieues de distance. «

Autre Méthode de résoudre le même Problême.

65. La Méthode précédente fait retomber dans l'in- « convénient que nous voulions éviter, en cessant de ré- « duire les routes sur les Cartes. L'échelle des latitudes « croissantes est ordinairement à trop petit point, pour « qu'on puisse résoudre le Problême dont il s'agit avec une « exactitude suffisante. Nous pouvons le résoudre par ap- « proximation avec plus de précision, & presque avec au- « tant de facilité. Nous supposerons d'abord que nous « sommes arrivés par une certaine latitude. Il est certain « qu'on ne se trompera pas beaucoup dans cette supposi- « tion, pour peu qu'on fasse attention au rumb de vent « & à la grandeur de la différence en longitude. Nous « supposerons, par exemple, que nous sommes arrivés « par 60 degrez. Le moyen parallele sera de 52^{d}.40^{m}. & « nous le nommerons *le premier Moyen parallele supposé.* « La différence en longitude est de 22 deg. 36 min. & les « lieues majeures de 452. Nous les réduirons en lieues « mineures sur le moyen parallele supposé 52 deg. 40 min. « & il nous viendra environ 273. Nous ferons ensuite « convenir ces lieues mineures avec le rumb de vent, & « il nous viendra 247 lieues Nord, valeur de 12 deg. 21^{m}. « de différence en latitude, qui étant ajoutée à 45^{d}. 20^{m}. « nous donne 57 deg. 41 min. de latitude d'arrivée ; « & comme elle n'est pas la même que celle que nous « avions supposée, c'est une marque qu'il faut faire une « seconde tentative. «

66. Nous supposerons cette seconde fois que la la- « titude d'arrivée est 57^{d}. 41^{m}. Si on l'ajoute avec la la- « titude du départ, & si on prend la moitié de la somme, «

» on trouvera 51 d. 30 m. pour le second moyen parallele » supposé. Les 452 lieues majeures étant réduites en lieues » mineures sur ce moyen parallele, nous donnent 283 » qu'il faut faire convenir avec le rumb de vent, & on » trouvera 253½ lieues Nord, valeur de 12 d. 40 m. de différence en latitude. On aura donc 58 d 0 m. pour nouvelle » latitude d'arrivée qui n'étant pas absolument conforme » avec la précédente, & qui devant donner un autre » moyen parallele, montre qu'il faut faire une troisiéme » tentative.

67. » On prendra 58 d. 0 m. pour la latitude arrivée : on » aura 51 d. 40 m. pour moyen parallele troisiémement supposé; on réduira les 452 lieues majeures en lieues mineures; on trouvera 282 lieues ; & lorsqu'on les fera » convenir avec le rumb de vent, il viendra 252 lieues » Nord, ou 12 d. 36 m. de différence en latitude. On aura » donc 57 d. 56 m. pour la latitude d'arrivée; & comme » on voit qu'on retrouveroit le même moyen parallele, » c'est une marque qu'il n'est pas nécessaire de pousser l'approximation plus loin. La latitude 57 d. 56 m. est celle » d'arrivée, & les lieues de distance seront de 379.

V I.

SIXIÉME PROBLÊME GÉNÉRAL.

68. » On connoît la différence en longitude, & les » lieues de distance : on veut découvrir le rumb de vent » qu'on a suivi, & trouver la latitude d'arrivée.

69. » *Exemple.* On est parti de 40 d. 45 m. de latitude » Nord & de 15 d. de longitude. On a couru 60 lieues entre le Nord & l'Est, & on est arrivé par 17 d. 15 m. de longitude. On demande le rumb de vent & la latitude d'ar» i vée.

70. » Nous ne pouvons résoudre ce Problême que par » approximation. La différence en longitude est de 2 d.

15 ^{m}. & les lieues majeures font de 45. Je fuppofe qu'on « eft arrivé par 42 deg. de latitude, on aura 41 ^{d}. 22 ^{m}. pour « le premier moyen parallele fuppofé ; & réduifant les 45 « lieues majeures en lieues mineures, on en trouvera $33\frac{3}{4}$ « qu'il faut faire convenir avec les 60 lieues de diftance, « & il viendra $49\frac{1}{2}$ lieues au Nord, valeur de 2 ^{d}. $28\frac{1}{2}$ min. « de différence en latitude. On aura donc 43 d. $13\frac{1}{2}$ ^{m}. pour « latitude d'arrivée ; & comme elle différe de celle que « nous avions fuppofée, il faut faire une feconde tentative. «

71. » Nous prendrons 43 ^{d}. 13 ^{m}. pour la latitude d'ar- « rivée : nous aurons 41 ^{d}. 59 ^{m}. pour fecond moyen paral- « lele fuppofé. Nous réduirons derechef les 45 lieues ma- « jeures en lieues mineures, & il nous viendra $33\frac{1}{2}$ lieues « que nous ferons convenir avec les 60 de diftance. Nous « trouverons 50 lieues au Nord, ou 2 ^{d}. 30 ^{m}. de différence « en latitude, ce qui nous donnera 43 ^{d}. 15 ^{m}. pour nou- « velle latitude d'arrivée. Mais comme elle nous feroit trou- « ver un troifiéme moyen parallele fuppofé qui ne différe- « roit pas du fecond, nous devons regarder 43 deg. 15 min. « comme la vraie latitude d'arrivée, & le rumb de vent « fera le N E $\frac{1}{4}$ N. »

CHAPITRE III.

Détail des Opérations qu'on nomme Corrections.

I.

72. NOUS avons déja donné une idée des pratiques que les Pilotes nomment *Corrections*. Il arrive prefque continuellement en Mer, qu'après qu'on a couru une ou plufieurs routes, la latitude d'arrivée que fournit la Réduction, ne s'accorde pas exactement avec la

latitude que donne la hauteur méridienne du Soleil. On ne peut pas s'empêcher de donner une entiére foi à l'observation, lorsqu'elle a été faite avec soin. Ainsi il faut nécessairement qu'il se soit glissé quelque erreur ou dans l'estime du chemin, ou dans le rumb de vent qu'on croyoit avoir suivi. On est obligé alors de corriger l'un ou l'autre, ou même les deux; & on donne à cette opération le nom de correction, qui a principalement pour objet de marquer la longitude à laquelle il est plus plausible de s'arrêter ou de croire qu'on est arrivé.

73. Il se peut faire dans plusieurs cas, qu'on ait lieu de soupçonner que l'erreur qu'on a commise, tombe plutôt sur une partie que sur l'autre. Si le doute tombe, par exemple, sur l'estime du chemin, & qu'on ait lieu de regarder le rumb de vent comme mieux déterminé, on doit avoir recours au second Problême du Chapitre précédent. On se servira du rumb de vent & de la latitude d'arrivée fournie par l'observation de la hauteur, pour avoir les lieues de distance, qu'on nommera alors corrigées, pour les distinguer de celles qu'on avoit trouvées par l'estime; on aura en même tems les lieues mineures corrigées, qui réduites en lieues majeures, serviront à trouver la longitude d'arrivée.

74. Si le soupçon tomboit au contraire sur le rumb de vent, & qu'on crût devoir se reposer davantage sur les lieues de distance, on les feroit convenir avec la différence en latitude trouvée par les observations, & on feroit un troisiéme Problême.

75. La seule direction de la route suffit aussi très-souvent pour déterminer le Pilote dans le choix qu'il doit faire du second ou du troisiéme Problême. Quoiqu'on puisse supposer des erreurs considérables sur les lieues de distance, ou sur le rumb de vent, ces erreurs ne produisent pas toujours le même effet, ou ne tirent pas également à conséquence dans tous les cas. Si on a, par exemple, couru sur un rumb de vent très-voisin du Nord, &

qu'on voulût, en le négligeant, ne se servir que des lieues de distance pour les faire convenir avec la vraie différence en latitude, la plus petite erreur qu'on commettroit sur ces lieues de distance, en produiroit une extrême sur les lieues mineures, & par conséquent sur la longitude d'arrivée. Supposons que la vraie différence en latitude soit de 3 deg. & qu'après avoir couru réellement 61 lieues entre le Nord & l'Est, on s'imagine en avoir fait 64 ou 65, en se trompant seulement de 3 ou 4 lieues, on peut voir aisément sur le Quartier de réduction, que cette erreur en produiroit une de plus de 12 ou 13 lieues sur la différence en longitude. Ainsi il seroit extrêmement imprudent de se servir dans ce cas du troisiéme Problême, au lieu d'appliquer le second.

76. On ne commettroit pas une moindre faute, si l'on employoit le second Problême, lorsque la route est très-voisine de l'Est ou de l'Ouest; car la plus petite erreur sur le rumb de vent en produiroit alors une très-grande sur la longitude. Il suit de-là qu'il faut avoir recours par préférence au troisiéme Problême, lorsque la route est très-voisine de l'Est ou de l'Ouest, & employer au contraire le second, lorsque la route est peu éloignée du Nord ou du Sud. Cette attention est de la plus grande importance; & c'est ce qui a engagé les Marins à distinguer trois différentes corrections qu'ils employent selon les divers cas.

II.

De la premiere Correction.

77. On se sert de la premiére correction, lorsque le rumb de vent sur lequel on a couru, ne s'écarte au plus du Nord ou du Sud que de deux quarts de vent. C'est-à-dire, qu'on se sert de la premiére correction pour tous les rumbs de vent compris vers le N, entre le NNO & le NNE, & pour ceux qui sont compris vers le Sud

entre le SSE & le SSO. Cette premiere correction n'eſt autre choſe que le ſecond Problême : on néglige, par les raiſons que nous venons d'expoſer, les lieues de diſtance qu'a fourni l'eſtime, & on ne ſe ſert que du rumb de vent.

78. *Exemple.* On eſt parti de 44 deg. de latitude Sud, & de 358 deg. de longitude : on a couru par eſtime 200 lieues au SSE 5 deg. S ; mais à la fin de cette route on a obſervé la latitude, & on l'a trouvée de 52 deg. On demande les lieues de diſtance corrigées & la longitude d'arrivée auſſi corrigée.

	Deg.	Min.	
Latitude du départ S	44		$50\frac{1}{2}$ Lieues mineur. corrig.
Latitude d'arrivée S	52		44 d.
Différence en latitude S	8		52
Moyen parallele	48		96 d.
Longitude du départ.	358		48 Moyen parallele.
Différence en longitude E *corrigée* .	3	46	
Longitude d'arrivée corrigée . . .	1	46	$75\frac{1}{3}$ Lieues majeur. corrig.
Lieues de diſtance corrigées 168.			

EXPLICATION.

79. Si après avoir couru par eſtime 200 lieues au SSE 5 deg. S, on n'avoit pas obſervé la latitude, on ſe ſeroit ſervi des 200 lieues de diſtance & du rumb de vent, le SSE 5 deg. S, pour faire un premier Problême ; & on eût trouvé la latitude & longitude d'arrivée, qui n'euſſent été qu'*eſtimées*, à cauſe de l'incertitude attachée aux pratiques du Pilotage. On a le bonheur d'obſerver la latitude à la fin de la route ; ce qui détermine à rejetter les lieues de diſtance ; & on ne ſe ſert que du rumb de vent, qu'on fait convenir avec la vraie différence en latitude que fournit l'obſervation. On acheve l'opération, en ſe conformant au ſecond Problême ; ce qui donne la longitude d'arrivée, qu'on nomme *corrigée*, quoiqu'il s'en manque beaucoup qu'on puiſſe la regarder comme abſolument ſûre. On trouve en même têms 168 lieues pour la longueur du chemin, au lieu de 200 lieues qu'on croyoit avoir faites.

III.

III.

De la ſeconde Correction.

80. On a recours à la ſeconde correction, lorſque la route eſt voiſine de l'Eſt ou de l'Oueſt, & qu'elle n'en eſt éloignée au plus que de deux quarts de vent. C'eſt-à-dire, que cette correction s'étend du côté de l'Eſt, depuis l'ENE juſqu'à l'ESE, & qu'elle s'étend du côté de l'Oueſt depuis l'ONO juſqu'à l'OSO. Il y a deux différentes pratiques qui ſont en uſage dans ce cas. Quelques Pilotes font un troiſiéme Problême, ſans avoir égard au rumb de vent eſtimé, ils le négligent; mais ils font convenir les lieues de diſtance avec la vraie différence en latitude que leur a fourni l'obſervation. D'autres Pilotes cherchent les lieues mineures, comme dans le premier Problême, & ils les font enſuite quadrer avec la vraie différence en latitude, pour avoir le rumb de vent corrigé & les lieues de diſtance corrigées, &c. Nous nous attacherons à cette ſeconde pratique, dont nous avons déja fait uſage dans le ſecond Livre N°. 156.

81. *Exemple.* On eſt parti de 40 deg. 30 min. de latitude Nord, & de 2 deg. 10 min. de longitude : on a couru par eſtime 120 lieues à l'O ¼ SO, & à la fin de cette route on a pris hauteur, & on a trouvé qu'on étoit par 39 deg. 57 min. de latitude Nord.

	Deg.	Min.
Latitude du départ N	40	30
Latitude d'arrivée N	39	57
Différence en latitude S	0	33
Moyen parallele	40	13
Longitude du départ.	362	10
Différence en longitude.	7	42
Longitude d'arrivée corrigée . . .	354	28
Rumb corrigé l'O 5 d. 20 m. S.		
Lieues de diſtance corrigées 118.		

118 Lieues mineures O.

40 d.	30 m.	
39	57	
80 d.	27 m.	
40	13	Moyen parall.

154 Lieues majeures O.

82. Nous avons compté les 120 lieues de diſtance eſti-

mées, ſur le rumb de vent eſtimé l'O$\frac{1}{4}$SO ; ce qui nous a donné 118 lieues mineures Oueſt. Nous avons enſuite fait quadrer ces 118 lieues mineures avec la vraie différence en latitude, & nous avons trouvé les lieues de diſtance corrigées, & le rumb de vent auſſi corrigé. Enfin nous avons réduit les lieues mineures en lieues majeures.

IV.

De la troiſiéme Correction.

83. Tous les rumbs de vent qui n'appartiennent point à la premiere correction ni à la ſeconde, ſont cenſés appartenir à la troiſiéme. Ainſi cette opération comprend vers le N E toutes les routes qui ſont entre le N N E & l'E N E ; vers le S E, celles qui ſont entre le S S E & l'E S E ; vers le S O, celles qui ſont entre le S S O & l'O S O ; & vers le N O, celles qui ſont entre le N N O & l'O N O.

84. On trouve dans les Livres de Navigation différens procédés pour faire cette troiſiéme correction. Voici celui qui m'a paru être le plus en uſage. On cherche d'abord les lieues mineures, en ſe ſervant des lieues de diſtance eſtimées & du rumb de vent eſtimé ; & comme ces lieues mineures pourroient n'être pas aſſez exactes, on les nomme lieues mineures eſtimées. On en cherche enſuite d'autres, qu'on nomme lieues mineures obſervées ; on les trouve en faiſant convenir le rumb de vent eſtimé avec la vraie différence en latitude connue par obſervation. On ajoute enſemble ces deux différentes eſpéces de lieues mineures, & on prend la moitié de leur ſomme ; ce qui donne d'autres lieues mineures, qu'on regarde comme corrigées. On fait quadrer ces derniéres avec la vraie différence en latitude, pour trouver les lieues de diſtance corrigées & le rumb de vent corrigé. On réduit ces mêmes lieues mineures en lieues majeures, pour avoir la longitude arrivée.

85. *Exemple.* On eſt parti de 53 deg. de latitude Sud & de 358 degrez de longitude. On a couru par eſtime 230 lieues au NE$\frac{1}{4}$N, & à la fin de cette route on a obſervé hauteur, & on s'eſt trouvé par 46 deg. de latitude Sud.

	deg.	min
Latitude du départ S.	53	
Latitude d'arrivée S.	46	
Différence en longitude N. . . .	7	
Moyen parallele.	49	30
Longitude du départ.	358	0
Différence en longitude corrigée. .	8	33
Longitude d'arrivée corrigée. . .	6	33
Lieues de diſtance corrigées 179.		
Rumb de vent corrigé le NE 6 d. 30 m. N.		

128 Lieues min. eſtimées.
94 Lieues min. obſervées.
222
111 Lieues min. corrigées.
53 deg.
46
99 deg.
49 d. 30 m. Moyen paral.
171 Lieues maj. corrigées.

86. Les 230 lieues de diſtance eſtimées, comptées ſur le NE$\frac{1}{4}$N, nous ont donné 128 lieues mineures eſtimées. Le rumb de vent le NE$\frac{1}{4}$N nous a, avec la vraie différence en latitude, donné les lieues mineures obſervées 94. Nous avons pris la moitié de la ſomme de ces lieues mineures, & il nous en eſt venu d'autres, ſçavoir, 111, que nous nommons lieues mineures corrigées. Nous faiſons quadrer ces 111 lieues avec la vraie différence en latitude, ou avec les 140 lieues, que nous avons avancé réellement vers le Nord, & il nous vient le rumb corrigé & les lieues de diſtance corrigées. Enfin nous réduiſons les 111 lieues mineures corrigées en lieues majeures, & il nous vient 171; valeur de 8 deg. 33 min. pour notre différence en longitude corrigée.

V.

Remarques ſur l'Uſage des Corrections.

87. Il peut arriver que les opérations précédentes changent le point d'arrivée dans le ſens qu'il ne faudroit pas; & ce qu'il y a de plus fâcheux, c'eſt qu'il eſt moralement impoſſible de diſtinguer avec certitude en Mer les rencontres dans leſquelles le changement eſt utile, de cel-

les où il eſt dangereux. Le Pilote, en eſtimant ſon chemin, fait tout ſon poſſible pour ne ſe pas tromper : il a eu égard à la variation de la Bouſſole, de même qu'à la dérive que ſouffre la route ; il a fait attention aux courans qui pourroient le tranſporter vers un côté ou vers l'autre, & il a eu égard à l'action des vagues qui venoient continuellement choquer le Navire, & qui favoriſoient la marche ou qui la retardoient ; il n'a rien négligé. Ainſi, lorſqu'il prend hauteur, & qu'en cherchant ſa latitude il s'apperçoit qu'elle ne s'accorde pas avec celle que donne l'eſtime ; tout ce qu'il voit bien certainement, c'eſt qu'il eſt plus vers le Nord ou vers le Sud qu'il ne penſoit ; mais rien ne lui apprend s'il eſt plus vers l'Eſt, ou plus vers l'Oueſt.

Fig. 75. 88. Suppoſons qu'on ſoit parti du point *A*, (*Figure* 75) & qu'ayant fait par eſtime le chemin *AB*, on ſe croye arrivé en *B* ; mais que l'obſervation de la hauteur apprenne qu'on eſt réellement ſur le parallele *ED* à l'Equateur : l'erreur ſera certaine, & on en connoîtra une partie. Il faut tranſporter le point d'arrivée *B* ſur *ED* ; mais en l'y portant, faut-il le mettre ſur le même Méridien en *F*, ou faut-il le porter vers l'Eſt ou vers l'Oueſt ? Si on a pû être jetté auſſi aiſément vers un côté que vers l'autre, par la cauſe ſecréte à laquelle il faut attribuer l'erreur qu'on a commiſe, il eſt également probable qu'on eſt arrivé dans l'un ou l'autre des deux points *G* & *H*, qui ſont ſur la circonférence du cercle *GIH*, dont le centre eſt en *B*. On pourra dire la même choſe des interſections de tous les cercles plus petits ou grands que *GIH*, dont le centre eſt en *B* : il y aura la même probabilité pour *g* que pour *h*. Ainſi le point *F*, qui tient le milieu entre tous les points, paroît être celui qu'on peut choiſir le plus ſûrement ; ou ce qui revient à peu près au même, il faudroit employer la ſeconde correction dans tous les cas.

89. La ſeule choſe qui puiſſe mettre des reſtrictions à cette régle, c'eſt que les points où il eſt également pro-

bable qu'on a pû arriver en se trompant sur son estime & sur la direction de sa route, ne sont pas situés sur la circonférence d'un cercle, mais sur celle d'une figure qui est quelquefois fort différente. Nous trouvons le point *B*, par le concours du rumb de vent & de la longueur du chemin, qui n'ont aucun rapport l'un avec l'autre, & qui sont sujets à des erreurs qui viennent de sources très-éloignées. Tant que ces erreurs sont extrêmement petites de part & d'autre, elles se confondent plus aisément, & elles peuvent se joindre ensemble, de la même maniere que si elles ne dépendoient que de la même cause. Dans ce cas il n'est pas impossible que tous les points où il est également probable qu'on soit arrivé, se trouvent assez exactement sur des circonferences de cercles comme *m*, *i*, *n* (*Fig.* 76.) Fig. 76.
Mais si les erreurs sont fort grandes, le sens dans lequel elles portent, fait qu'elles se dégagent, pour ainsi dire, l'une de l'autre, & à la fin elles forment une figure *MINO* de quatre côtés, dont les deux *MI* & *NO*, qui sont des lignes droites, marquent la plus grande erreur qu'on peut commettre sur le rumb de vent, pendant que les deux autres côtés *IN* & *OM*, qui sont des arcs de cercles, sont les limites des erreurs dans lesquelles on est sujet à tomber, en estimant les lieues de distance. On peut, en se fondant sur cette remarque, imaginer de nouvelles opérations, qui tiendront lieu de *corrections*. Nous nous bornerons ici à ce qui sera purement de pratique, & nous négligerons toutes les attentions qui rendroient ces opérations trop difficiles.

VI.

Nouvelle maniere de faire les Corrections.

90. Nous distinguerons dans chaque route de navigation quatre limites des erreurs : deux limites marqueront les plus grandes quantités dont on peut se tromper sur le

rumb de vent, & les deux autres marqueront les erreurs qu'on peut craindre ſur les lieues de diſtance. Suppoſé qu'on ſoit ſujet à ſe tromper de 5 degrez ſur la direction de la route, & qu'on croye avoir couru au NNE, les deux premieres limites ſeront le NNE 5 d. N, & le NNE 5 d. E. Suppoſé, en ſecond lieu, qu'on ait remarqué par pluſieurs expériences qu'on puiſſe ſe tromper ſur le chemin d'une dixiéme partie, & qu'on ait couru par eſtime 50 li. les deux limites des lieues de diſtance ſeront 55 lieues & 45.

91. L'intervalle plus ou moins grand entre ces deux derniéres limites, de même qu'entre les deux premiéres, dépend de l'habileté du Pilote, & de l'exactitude des moyens qu'il eſt obligé d'employer. Lorſqu'on perfectionnera extrêmement certaine partie de la navigation, les limites qui en dépendent s'approcheront l'une de l'autre. C'eſt aux Navigateurs à ſaiſir avec ſoin toutes les occaſions qui ſe préſentent d'eſſayer leurs pratiques. Lorſqu'ils cinglent exactement au Nord ou au Sud, ils peuvent, en obſervant la latitude, reconnoître de combien ils ſe trompent ſur l'eſtime du chemin. Les routes à l'Eſt ou à l'Oueſt les mettent de même à portée de voir juſqu'où vont les erreurs qu'ils commettent ſur le rumb de vent. Nous ſuppoſons que le Pilote a déja fait pluſieurs fois des expériences ſemblables, & nous continuerons à regarder ici 5 degrez comme la limite des erreurs qu'on peut commettre ſur le rumb de vent, pendant que nous mettrons à une dixiéme partie la plus grande erreur ſur les lieues de diſtance.

92. Quoique nous reconnoiſſions en général quatre limites, nous n'en employerons toujours que deux pour chaque route, & nous les nommerons les *deux Limites principales*, parce qu'elles donnent l'excluſion aux deux autres. Si *ed* (*Fig.* 76.) eſt le parallele de la latitude obſervée dans le point d'arrivée, les deux limites principales ſeront *MI* & *ON*, qui appartiennent au rumb de vent,

& qui sont donc éloignées chacune de 5 degrez de chaque côté de *A B*. Nous ne pouvons pas prendre pour limites principales les deux *I N* & *M O* que nous fournissent les lieues de distance; parce que si on les faisoit convenir avec la vraie différence en latitude *A e*, elles donneroient des rumbs de vent trop éloignés du rumb de vent estimé *A B*, ou qui supposeroient de trop grandes erreurs. Si au contraire le parallele de la latitude arrivée, au lieu d'être *e d* est *E D*, il faudra renoncer à la limite *ON* du rumb de vent. Dans ce cas les deux limites seront *M I* & *I N*, l'une qui appartient au rumb de vent, & l'autre aux lieues de distance.

93. Les deux limites principales étant choisies, nous nous conformerons ensuite toujours à cette régle qui est très-simple, & dont on peut se servir dans toutes les rencontres. Nous ferons convenir l'une après l'autre les deux limites principales avec la vraie différence en latitude: ces deux opérations nous donneront des lieues mineures que nous nommerons *Premieres & Secondes*, nous les ajouterons ensemble, & nous prendrons la moitié de leur somme; ce qui nous donnera les lieues mineures corrigées. Nous aurons moins de peine, & nous nous dispenserons de chercher les premieres lieues mineures & les secondes, lorsque les deux limites principales seront de même genre; si les deux appartiennent au rumb de vent, nous nous servirons de ce rumb de vent sans le corriger. De même, si les deux limites principales appartiennent aux lieues de distance, on abandonnera le rumb de vent, & on fera convenir les lieues de distance avec la vraie différence en latitude.

94. *Premier Exemple.* On est parti de 35 d. 30 m. de latitude Nord, & de 351 d. de longitude; on a couru par estime 100 lieues au N E, & ayant observé hauteur à la fin de cette route, on s'est trouvé par 38 d. 54 m. de latitude Nord. On demande le point d'arrivée corrigé?

	Deg.	Min.
Latitude du départ N.	35	30
Latitude d'arrivée observée N	38	54
Différence en latitude observée N	3	24
Moyen parallele	37	12
Longitude du départ	351	0
Différence en longitude E	4	15
Longitude d'arrivée	355	15
Rumb de vent N E.		
Lieues de distance corrigées 96½.		

68 Lieues mineur. corrig.
35 d. 30 m.
38 54
74 d. 24 m.
37 12 Moyen parall.
85 Lieues majeur. corrig.

EXPLICATION.

95. Les deux limites du rumb de vent sont le N E 5d. N, & le N E 5 d. E, & celles des lieues de distance sont 110 & 90. Mais lorsqu'on fait convenir ces deux derniéres avec la vraie différence en latitude 3 d. 24 m. ou avec 68 lieues Nord, on reconnoît qu'il faut rejetter ces limites. Ainsi les deux limites principales appartiennent au rumb de vent ; ce qui nous apprend qu'il ne faut pas le changer. On le fait convenir avec la différence en latitude observée ou vraie, & on trouve 68 lieues mineures corrigées ; on trouve en même tems les lieues de distance, & il ne reste plus qu'à réduire les lieues mineures en lieues majeures.

96. *Second Exemple.* On est parti de 35 deg. 30 min. latitude Nord, & de 351 deg. de longitude; on a couru par estime 100 lieues au N E, & ayant observé hauteur à la fin de cette route, on s'est trouvé par 39 deg. 30 min. de latitude aussi Nord. On demande le point d'arrivée corrigé ?

	Deg.	Min.
Latitude du départ N.	35	30
Latitude d'arrivée observée N	39	30
Différence en latitude observée N.	4	0
Moyen parallele	37	30
Longitude du départ	351	0
Différence en longitude corrigée	4	29
Longitude d'arrivée corrigée	355	29
Rumb de vent corrigé N E 3 d. 30 m. N.		
Lieues de distance corrigées 107.		

67½ I. Lieues mineur. Est.
75 II. Lieues mineur. Est.
142½
71¼ Lieues min. corrigées.
35 d. 30 m.
39 30
75 d. 0 m.
37 30 Moyen parall.
89⅔ Lieues maj. corrig. E.

97. Ce second Exemple ne différe du premier qu'en ce

ce que la latitude obſervée à la fin de la route eſt différente. Une des limites du rumb de vent ne peut pas ſervir ici. Il faut rejetter celle du N E 5d. E, & on doit par la même raiſon rejetter la moindre limite des lieues de diſtance. Nous avons donc pour limites principales le NE 5 deg. N & 110 lieues. La premiere de ces deux limites, lorſqu'on la fait convenir avec les 80 lieues de différence en latitude, nous donne les premieres lieues mineures $67\frac{1}{2}$, & la ſeconde limite 110 lieues de diſtance, lorſqu'on la fait convenir avec les mêmes lieues Nord 80, nous donne les ſecondes lieues mineures 75. Nous ajoutons les unes avec les autres, & prenant la moitié de la ſomme, il nous vient $71\frac{1}{4}$ lieues min. corrigées.

98. *Troiſiéme Exemple.* On eſt parti de 43 deg. latit. N. & de 2 deg. 15 min. de longitude ; on a couru par eſtime 80 lieues à l'O 1 deg. S, & on eſt arrivé ſelon l'obſervation de la hauteur par 43 deg. 12 min. de latitude Nord.

	Deg.	Min.
Latitude du départ N	43	
Latitude d'arrivée obſervée N . .	43	12
Différence en latitude obſervée N. .	0	12
Moyen parallele	43	6
Longitude du départ	362	15
Différence en longitude corrigée . .	5	28
Longitude d'arrivée corrigée . . .	356	47
Rumb de vent corrigé O 3 d. N.		
Lieues de diſtance 80.		

80 Lieues min. corrig. O.
43 d. 0 m.
43 12
86 d. 12 m.
43 d. 6 m. Moyen parall.
$109\frac{1}{3}$ Lieues maj. corrig. O.

99. Les deux limites du rumb de vent ſont l'O 4 deg. N & l'O 6 deg. S; mais elles ſont toutes deux excluſes. Ainſi il faut s'arrêter aux deux limites 72 & 88 des lieues de diſtance ; ou plutôt il ne faut point changer cette derniére quantité, & il ne s'agit que de la faire convenir avec la vraie différence en latitude, & faire un troiſiéme Problême. Cet Exemple nous fournit un cas ſingulier. Nous avions cru ſur le témoignage de la Bouſſole avoir un peu avancé vers le Sud : mais l'obſervation de la hauteur nous fait connoître que nous avons avancé réellement vers le Nord.

CHAPITRE IV.

Des Régles composées par le Quartier de Réduction.

I.

100. On change en Mer très-fréquemment de rumbs de vent; ce qui a mis les Pilotes dans la néceſſité de recourir à une opération particuliére pour ſe diſpenſer de faire un Problême pour chaque route. Nous avons déja expliqué en partie cette Méthode dans le ſecond Livre en parlant de la maniére de pointer ou de compaſſer les Cartes (No. 130.) On donne le nom de *Régles composées* à ces opérations qui conſiſtent à chercher pour chaque route les lieues Nord ou Sud, & les lieues Eſt & Oueſt, & à joindre enſemble celles qui ont été faites dans le même ſens. Il ſuffit de donner quelques Exemples pour éclaircir tout ceci, & pour montrer la maniére de diſpoſer les articles.

101. *Premier Exemple.* On eſt parti de 45. deg. de latitude Nord & de 110 deg. de longitude: on a couru les routes ſuivantes avec une Bouſſole qui varioit d'un quart de vent vers le NE. On demande le point d'arrivée?

	Rumbs valus.	N	S	E	O
I. Route. 100 li. au N N E.	N E $\frac{1}{4}$ N	83	. . . .	$55\frac{1}{2}$	
II. Route. 230 li. à l'O $\frac{1}{4}$ N O.	O N O	$88\frac{1}{2}$	. . . .	. . . .	212
III. Route. 80 li. à l'E. . . .	E $\frac{1}{4}$ S E	. . . .	$15\frac{3}{4}$	$78\frac{1}{2}$	
		$171\frac{1}{2}$	$15\frac{3}{4}$	134	212
		$15\frac{3}{4}$			134
Reſte des lieues N & des lieues O . .		$155\frac{3}{4}$	. . . .	. . . .	78

Rumb de vent en ligne droite le N N O 4 d. 12 m. O.
Lieues de diſtance en droite route 174.

	Deg.	Min.		
Latitude du départ N.	45	0	45 d.	0 m.
Différence en latitude N	7	47	52	47
Latitude d'arrivée N.	52	47	97 d.	47 m.
Moyen parallele	48	53	48	53 Moyen parall.
Longitude du départ	110	0		
Différence en longitude O	5	57	119 Lieues majeur. Oueſt.	
Longitude d'arrivée.	104	3		

EXPLICATION.

102. Après avoir diſpoſé les articles en les rempliſſant de toutes les quantités déja connues ou données, nous avons d'abord cherché quel étoit l'effet de la variation de la Bouſſole ſur les routes. Nous avions ſuivi dans la premiere le N N E du compas ; mais la variation qui étoit N E, d'un quart de vent ou de 11 deg. 15 min. a été cauſe que cette direction répondoit au N E $\frac{1}{4}$ N, & nous l'avons écrit à côté pour nous en ſervir. C'eſt-à-dire que nous comptons les 100 lieues de la premiere route, non pas ſur le N N E, mais ſur le N E $\frac{1}{4}$ N, & nous voyons enſuite combien nous avons avancé vers le N & vers l'E. Le ſecond rumb de vent l'O $\frac{1}{4}$ N O ſe change de la même maniére en l'O N O ; & la troiſiéme route, l'E, eſt devenu l'E $\frac{1}{4}$ S E.

103. Nous avons fait après cela une ſomme des lieues courues exactement dans le même ſens, & nous avons ôté les unes des autres, celles qui ont été courues dans des ſens directement contraires. Les lieues Nord & les lieues Oueſt ſe ſont trouvé les plus fortes ; & eu égard à tout, nous n'avons couru que 155$\frac{1}{4}$ lieues au Nord, & 78 à l'Oueſt. Nous avons fait quadrer les unes avec les autres ; ce qui nous a donné notre rumb de vent & nos lieues de diſtance en droite ligne. Les lieues Nord évaluées en degrez, nous donnent 7 deg. 47 min. de différence en latitude, & les 78 lieues Oueſt réduites en lieues majeures ſur le moyen parallele, nous donnent notre différence en longitude.

104. *Second Exemple.* On eſt parti de 0 deg. 15 min. de latitude Sud, & de 359 deg. 40 min. de longitude. On a couru les routes ſuivantes avec un compas qui varioit de 8 deg. N O, & la dérive étoit d'un quart de vent du côté de bas-bord. On demande le point d'arrivée, & le chemin qu'on a fait en droite ligne.

	Rumbs valus.	N	S	E	O
I. Route. 10 li. au N E $\frac{1}{4}$ N .	N N E 8 d. N	9.7	. . .	2.5	
II. Route. 5 li. au N N E. . .	N 3 d. 15 m. E	5.0	. . .	0.3	
III. Route. 12 li. à l'E $\frac{1}{4}$ N E.	E N E 8 d. N	6.1	. . .	10.3	
IV. Route. $3\frac{1}{2}$ lieues au N E.	NNE 3 d. 15 m. E	3.1	. . .	1.5	
Lieues au Nord & à l'Est		23.9	. . .	14.6	

Rumb de vent en droite ligne N N E 9 d. E.
Lieues de distance en droite ligne 28.

	Deg.	Min.	
Latitude du départ S.	0	15	
Différence en latitude N	1	12	
Latitude d'arrivée N	0	57	
Moyen parallele.	0	28	14.6 Lieues majeures Est;
Longitude du départ.	359	40	
Différence en longitude E.	0	44	
Longitude d'arrivée.	0	24	

EXPLICATION.

105. Nous avons supposé dans cet Exemple qu'il y avoit de la dérive, & qu'elle portoit du côté de bas-bord ou de main gauche. Ainsi elle s'est jointe à la variation ; & l'écart produit dans les routes en a été plus grand. On croyoit d'abord faire le N E $\frac{1}{4}$ N, mais à cause de la dérive on faisoit le N N E ; & comme la variation portoit encore 8 degrez dans le même sens, on faisoit réellement le N N E 8 d. N. C'est la même chose des autres routes.

106. On change quelquefois si souvent de route dans la pratique de la Navigation, qu'on ne court que quelques lieues sur chaque rumb de vent. On peut alors réduire les lieues en milles, qui sont des tiers de lieue, ou bien on peut les mettre en dixiémes ; ce qu'on fait en y ajoutant un zéro, qu'on sépare par un point, pour éviter tout mécompte. Si l'on réduit 10 lieues en dixiémes, on aura 10.0. On comptera dans l'exemple que nous nous proposons, 100 sur le N N E 8d. N, il viendra 97 au N, & 25 à l'Est, & on écrira ces nombres, comme nous l'avons fait, en marquant un point avant la figure à droite, ce qui montre que 9.7 valent 9 lieues & 7 dixiémes ; & que 2.5 valent 2 lieues & 5 dixiémes ou 2 lieues

& demie. On fera la même chofe pour les autres routes. La derniére eft de $3\frac{1}{2}$ lieues, qui, réduites en dixiémes, valent 3 . 5. Ainfi il a fallu compter 35 fur le N NE 3 deg. 15 min. E.

I I.

Ufage de la Régle compofée lorfqu'on navigue dans un endroit où il y a des Courans.

107. Les moyens que nous avons expliqués dans le fecond Livre pour mefurer le fillage & pour reconnoître le rumb de vent, nous donnent le mouvement du Navire, eu égard à tout, ou le chemin effectif. Mais on peut s'arrêter auffi au fillage donné d'abord par le Loch ancien, & fe contenter de corriger dans la route la variation de la Bouffole, & la feule dérive qui eft caufée par l'obliquité des voiles. On n'aura après cela le chemin du Navire qu'à l'égard de la furface de la Mer ou le fillage apparent, fans y comprendre l'effet du Courant. Alors il feroit abfolument néceffaire de confidérer à part le mouvement de la Mer, & il n'y auroit à la fin de toutes les routes, qu'à en joindre une derniére pour repréfenter l'action particuliére de la Mer.

108. Les quatre routes du N°. 104. tombent dans un endroit de l'Océan où le Courant équinoxial n'eft jamais oifif. Outre cela le mouvement de la Mer doit y être fenfiblement le même en-bas jufqu'à une grande profondeur, à caufe de la continuité & de la perpétuité de ce Courant. Ainfi les moyens propofés pour déterminer abfolument le fillage & la vraie route, ne doivent pas réuffir ordinairement dans ces fortes d'endroits, parce qu'il n'eft pas vraifemblable que nos machines ou inftrumens puiffent defcendre affez bas dans la Mer pour y parvenir jufqu'à l'eau qui eft parfaitement en repos. Nous fçavons heureufement que le Courant équinoxial fait environ 3 lieues

par jour ; & on a auſſi de tems en tems des occaſions de reconnoître s'il porte un peu vers le Nord ou vers le Sud, pendant qu'il eſt toujours dirigé vers l'Oueſt. Suppoſons que ſa direction ſoit l'O $\frac{1}{4}$ N O, & que nous ayons mis 36 heures à faire les routes dont il s'agit. Il s'enſuivra de-là que le Courant nous aura tranſporté $4\frac{1}{2}$ lieues à l'O $\frac{1}{4}$ N O, pendant que nous avons fait nos quatre routes. Il n'y aura donc qu'à mettre à leur ſuite, $4\frac{1}{2}$ li. à l'O $\frac{1}{4}$ N O pour l'effet du Courant. On fera la Réduction ou la Régle compoſée, comme s'il y avoit effectivement cinq routes, & l'opération donnera la latitude & la longitude d'arrivée.

109. Il eſt apparemment impoſſible de trouver autrement ſon point dans tous les endroits où les Courans s'étendent beaucoup en profondeur, & où ils ſont réglés. Mais lorſqu'ils ne ſont qu'accidentels, ils ne doivent guère s'étendre en en-bas ; & nous croyons qu'il vaut mieux alors, après avoir examiné, autant qu'on le peut, par les moyens expliqués dans le ſecond Livre, l'effet qu'ils produiſent ſur chaque route, comprendre cet effet dans les routes mêmes. Les Courans accidentels n'ont pas ordinairement une grande étendue en largeur, & ils ſont ſujets à changer de directions. Ainſi ils peuvent agir ſur quelques-unes des routes, & ne pas agir ſur les autres. C'eſt ce qui exige un examen particulier pour chacune ; & il ne coûte pas davantage de n'employer enſuite ces routes qu'après qu'on a déja eu égard à l'altération qu'elles ont ſouffertes par la cauſe étrangére.

III.

Des Régles compoſées avec Correction.

110. Lorſque pluſieurs routes ont été réduites à une ſeule en ligne droite par la Méthode précédente, il faut enfin avoir recours à une des corrections, ſi la latitude qu'on obſerve après avoir couru ces routes, ne s'accorde

pas avec la latitude estimée que donne la Régle composée. Ces sortes d'opérations reviennent presque chaque jour à la Mer, parce qu'on ne suit pas constamment le même rumb de vent, & qu'on est d'ailleurs toujours sujet à se tromper, ou dans l'estime du chemin, ou dans la détermination de la dérive, &c. Il ne s'agit, pour faire la Régle composée avec correction, que de réunir ensemble les pratiques que nous venons d'expliquer. C'est ce que nous allons faire dans quelques Exemples.

111. *Premier Exemple.* On est parti de 51 deg. latitude Nord, & de 1 deg. de longitude, & après avoir couru par estime les routes que nous marquons ci-dessous avec un compas qui avoit 10 deg. de variation N O, pendant que la dérive étoit de 12 deg. du côté de Stribord, on a observé la latitude, & on l'a trouvée de 49 deg. 30 min. Nord.

	Rumbs valus.	N	S	E	O
I. Route. 15 li. au S $\frac{1}{4}$ S E.	S 9 d. 15 m. E		14. 8	2. 4	
II. Route. $7\frac{1}{2}$ li. au S S E.	S S E 2 d. S	. . . .	7. 0	2. 6	
III. Route. 10 lieues au S.	S 2 d. O		10. 0	. . . .	0. 4
				5. 0	
				0. 4	
Lieues au Sud & à l'Est		. . . .	31. 8	4. 6	

Rumb de vent estimé en droite ligne le S 8 d. 15 m. E.
Lieues de distance estimées en droite ligne 32. 1.

	Deg.	Min.
Latitude du départ N	51	
Latitude d'arrivée observée N . . .	49	30
Différence en latitude observée S . .	1	30
Moyen parallele	50	15
Longitude du départ	1	0
Différence en longitude corrigée . .	0	20
Longitude d'arrivée corrigée . . .	1	20

Rumb de vent en droite ligne S 8 d. 15 m. E.
Lieues de distance corrigées en droite ligne $30\frac{1}{3}$.

4. 3 Lieues mineur. corrig.
51 d. 0 m.
49 30
100 d. 30 m.
50 15 Moyen parall.
6. 7 Lieues majeur. corrig.

112. La variation a approché de 10 degrez du Nord du Monde nos rumbs de vent, & la dérive les en a éloignés de 12 degrez : de sorte que, tout compté, ils n'ont été sujets qu'à un changement de 2 degrez. Nous avons réduit les lieues en dixiémes, & il nous est venu 31. 8 li. au Sud, & 4. 6 à l'Est, que nous avons fait quadrer en-

semble pour avoir le rumb de vent estimé en droite ligne, & les lieues de distance. L'observation de la latitude faite à la fin de ces routes, nous met en état de corriger notre point. Il faut, si l'on se conforme aux régles ordinaires, faire la premiére correction, en conservant le rumb de vent estimé en droite route, le Sud 8 deg. 15 min. Est; & notre maniére d'opérer s'y réduira aussi, parce que les deux limites principales sont celles du rumb de vent. La vraie différence en latitude qui est de 1 deg. 30 min. ou de 30 lieues, étant combinée avec ce même rumb qu'on ne corrige pas, donne $30\frac{1}{3}$ lieues de distance, & 4.3 lieues mineures corrigées qu'il ne reste plus qu'à réduire en lieues majeures.

113. Nous ne devons pas manquer d'avertir que la nouvelle maniére que nous avons expliquée de faire les corrections, n'est applicable que lorsqu'on n'a fait qu'une seule route, ou que lorsque celles qu'on a faites, ne différent guére de plus d'un quart de vent de la route moyenne ou de la route en ligne droite. Dans l'exemple que nous venons de nous proposer, on ne s'est guére éloigné du S 8 deg. 15 min. E, qui est la route en ligne droite, que d'environ un quart de vent de chaque côté: c'est pourquoi on doit se conformer aux préceptes que nous avons donnés dans l'Article VI. du Chapitre précédent. La même chose arrivera souvent en Mer. On ne suit pas constamment la même ligne; mais on ne change pas néanmoins de direction sans nécessité, & on n'en change souvent que très-peu. Dans les cas où les routes seront très-différentes les unes des autres, nous croyons qu'il sera plus à propos de faire la seconde correction de la maniére qu'elle est expliquée dans l'Article III. de l'autre Chapitre; & cela conformément aux raisons que nous rapporterons dans un instant.

114. *Second Exemple.* On est parti de 15 deg. 51 min. de latitude Sud, & de 2 deg. de longitude. On a couru les

les routes marquées cy-deſſous, le compas ayant 27 deg. 30 min. de variation N O. Ces routes étant faites, on s'eſt trouvé en prenant hauteur, par 15 deg. 6 min. de latitude auſſi Sud. On demande le point d'arrivée corrigé, avec les lieues de diſtance & le rumb de vent en droite route.

	Rumbs valus.	N	S	E	O
I. Route. $7\frac{1}{2}$ li. au N E $\frac{1}{4}$ N.	N 6 d. 15 m. E	7. $4\frac{1}{2}$	. . . .	0. $8\frac{1}{3}$	
II. Route. 8 lieues au N . .	N N O 5 d. O	7. 1	. . . .	. . . .	3. 7
III. Route. 15 li. au N N O.	N O 5 d. O	9. 6	. . . .	. . . .	11. 5
IV. Route. $7\frac{1}{2}$ li. à l'O $\frac{1}{4}$ N O.	OSO 6 d. 15 m O	. . . .	2. $0\frac{3}{4}$	. . . .	7. 2
V. Route. 10 lieues au S . .	S S E 5 d. E	. . . .	8. 9	4. 6	
		24. $1\frac{1}{2}$	10. $9\frac{3}{4}$	5. $4\frac{1}{3}$	22. 4
		10. $9\frac{3}{4}$			5. $4\frac{1}{3}$
Reſte des lieues Nord & Oueſt . . .		13. $1\frac{3}{4}$	. . . .	. . . .	16. $9\frac{2}{3}$

Rumb de vent eſtimé en droite ligne le N O 7 d. 10 m. O.
Lieues de diſtance eſtimées en droite route 21. 5.

	Deg.	Min.
Latitude du départ S	15	51
Latitude d'arrivée obſervée S . .	15	6
Différence en latitude obſervée N .	0	45
Moyen parallele	15	28
Longitude du départ	2	0
Différence en longitude corrigée . .	0	53
Longitude d'arrivée corrigée . . .	1	7

Rumb de vent corr. en droite ligne NO 3 d. 30′ O
Lieues de diſtance corrigées en droite ligne $22\frac{1}{2}$.

15 d. 51 m.
15 6
30 d. 57 m.
15 28 Moyen paral.
17. 6 Lieues majeures.

115. Les lieues au Nord & les lieues à l'Oueſt ſe ſont trouvées les plus fortes, & elles nous ont donné le N O 7 deg. 10 min. O pour rumb de vent eſtimé en ligne droite, & $21\frac{1}{2}$ lieues de diſtance auſſi eſtimées. Comme les routes que nous avons faites, ſont très-différentes les unes des autres, nous employons la ſeconde correction ordinaire, & nous croyons que c'eſt le parti le plus ſûr dans tous les cas compliqués. C'eſt le moyen au moins de ne pas doubler l'erreur déja commiſe, & de ne pas tranſporter notre point vers l'Eſt, lorſqu'il faudroit le porter vers l'Oueſt, ou de le mettre à l'Oueſt, lorſqu'il faudroit l'avancer vers l'Eſt. Nous faiſons donc convenir avec la vraie différence en latitude, nos lieues Oueſt eſtimées 16. $9\frac{2}{3}$, ſans les augmenter ni les diminuer; nous trouvons

le chemin corrigé, & réduisant ces mêmes lieues Ouest en lieues majeures, nous avons notre différence en longitude.

116. On peut se convaincre aisément qu'on ne doit pas dans cet Exemple ni dans toutes les occasions semblables, se servir de la nouvelle maniére de faire les corrections. Lorsqu'on a fait plusieurs routes, l'espace *MINO*
Fig. 76. (*Fig.* 76.) dans lequel il est probable qu'on se trouve, n'est pas réglé sur la grandeur du chemin en ligne droite, mais sur la longueur du circuit qu'on a fait, ou sur la longueur des routes jointes ensemble. Plus cette longueur est grande, toutes choses étant d'ailleurs égales, plus on a été exposé à se tromper. Dans notre Exemple, nos cinq routes sont 48 lieues, quoiqu'il y ait un peu moins de 23 lieues en ligne droite d'un terme à l'autre. L'erreur qu'on a pû commettre, n'est donc pas renfermée dans les mêmes limites, que si on étoit allé d'un point à l'autre par le plus court chemin. Outre cela la nouvelle figure *MINO* qu'il faut imaginer à l'extrémité des cinq routes, n'est pas bornée par quatre côtés, comme dans une route simple. La diversité des routes est cause que cette figure approche beaucoup davantage d'être ronde; par la même raison que si on applique un grand nombre de quarrez les uns sur les autres, sans leur donner la même situation, il en résulte une figure dont le total a beaucoup plus de conformité avec le cercle.

117. Ainsi lorsqu'il y a plusieurs routes dans divers sens, le cas différe peu de celui qui est représenté dans la fig. 75, & alors les lignes courbes *m i n*, *MIN*, &c. qui marquent les points qui sont également probables, parce qu'ils dépendent d'une erreur également possible, sont sensiblement des cercles. Mais il suit de-là que la seconde des corrections pratiquées par les Pilotes, comme dans le Chapitre précédent, est bonne dans cette rencontre : c'est-à-dire que le point d'arrivée *B*, trouvé par l'estime & la réduction des routes, doit être transporté en *F*, selon la ligne Nord

& Sud *B F*, jusques sur le parallele *E D* donné par l'observation de la latitude.

I V.

Remarques sur les Régles composées & sur la maniére de réduire les Routes, lorsqu'on a été plusieurs jours sans observer Hauteur.

118. La maniére précédente de réduire les routes par la Regle composée est suffisamment exacte dans la pratique; mais on en fait quelquefois de très-mauvaises applications. La réduction des lieues mineures en degrez de longitude, est sujette à quelque défaut, parce que le moyen parallele n'est qu'une espéce de milieu pris grossiérement. Cependant cette opération, quoiqu'imparfaite, ne peut jetter dans aucune erreur sensible, pourvû qu'on soit attentif à réduire ses routes de jour en jour, & qu'on ne les laisse pas s'accumuler. Il pourroit arriver dans ce second cas que le moyen parallele ne convînt pas assez au plus grand nombre des routes, & que même il ne convînt à aucune.

119. Je crois que c'est feu mon pere qui a fait le premier cette remarque, dont il est de très-grande conséquence que les Pilotes soient avertis. Ils partent, par exemple, de 55 deg. de latitude Nord; ils courent plusieurs jours au N, ou à des rumbs de vent qui en différent très-peu, ils font plus de 200 lieues sur cette direction; ce qui les met par plus de 65 deg. de latitude N, & ensuite ils présentent la proue tout-à-coup à l'Est, & ils courent 180, ou 200 lieues sur cette seconde ligne. L'usage de la Regle composée seroit dangereux dans ce cas. Toutes les lieues mineures, ou toutes les lieues en longitude appartiendroient à la derniére route; elles auroient été faites sur le parallele de 65 degrez : cependant si on

faisoit la Regle composée ordinaire, on les réduiroit sur le parallele de 60 deg. qui ne conviendroit qu'à la partie de la navigation dans laquelle on n'auroit point de lieues mineures, ou de lieues à l'Est ou à l'Oueft. Si on avoit fait réellement dans la derniére route 200 lieues à l'Est, elles donneroient sur le parallele de 65 deg. 473 $\frac{1}{3}$ lieues majeures, ou 23 deg. 40 min. de différence en longitude. Au lieu qu'en se conformant mal-à-propos au procédé ordinaire de la Regle composée, on réduiroit ces 200 lieues sur le parallele de 60 degrez, & on ne trouveroit que 400 lieues majeures, ou 20 deg. de différence en longitude. Le défaut seroit de 3 deg. 40 min.

120. Les Pilotes évitent cette erreur dans la pratique, en réduisant leurs routes, de 24 heures en 24 heures; le moyen parallele qu'ils employent chaque jour convient alors assez exactement à chaque partie de leur route. Cependant ils retombent souvent dans la faute qu'ils avoient évitée. Il leur arrive trop ordinairement d'être plusieurs jours sans voir le Ciel: les nuages se dissipent au bout d'un certain tems; & les Pilotes, après avoir pris hauteur, cherchent dans leurs papiers combien ils ont fait de lieues au Nord ou au Sud, & de lieues à l'Est ou à l'Oueft, depuis l'observation précédente de la latitude, & ils font quadrer ensuite ces lieues les unes avec les autres, pour avoir le rumb de vent estimé en droite ligne & les lieues de distance aussi estimées en droite route. Cette pratique est mauvaise, & elle fait perdre tout le fruit des Réductions journaliéres précédentes. En effet, si on a besoin du rumb de vent & des lieues de distance en droite ligne, il faut les chercher par le quatriéme problême général expliqué dans le second Chapitre. On connoît la latitude & la longitude du départ, c'est-à-dire, la latitude & la longitude où l'on étoit le dernier jour qu'on a pris hauteur; on connoît de plus par la réduction journaliere des routes, la latitude & la longitude estimées du point où on est actuellement. C'est là précisément le cas du quatriéme Problême, si l'on

veut avoir le rumb de vent estimé en droite ligne, & des lieues de distance aussi en droite route, pour faire ensuite une des trois corrections, selon la Méthode ordinaire.

121. Mais le travail sera incomparablement plus court, si l'on employe toujours la seconde Correction, ou si on ne corrige le point d'arrivée estimé *B* (*Fig.* 75.) que pour le mettre sur le parallele de la latitude observée sans changer sa longitude estimée. On n'a alors nul besoin du rumb de vent ni des lieues de distance en droite route. On s'épargnera de cette sorte une opération qui est longue, & on ne s'écartera pas, à ce qu'il paroît, de ce que dicte la prudence dans une matiere aussi pleine de doutes. Il est vrai qu'on ne sçait encore comment placer les points intermédiaires où l'on s'est trouvé les jours qu'on n'a point pris hauteur. Mais l'embarras est le même dans la Méthode ordinaire : on se contente de les regarder comme des points estimés, qu'on ne compare pas, quant à l'exactitude avec les autres points qu'on a corrigés par l'observation de la latitude, & qu'on a le soin de distinguer dans son Journal.

V.

Derniére Correction qu'il faut faire à la Longitude, à cause de la figure de la Terre qui n'est pas parfaitement sphérique.

122. On pourra enfin, si on le juge à propos avoir égard au petit changement qu'apporte à la Réduction des routes la figure de la Terre, qui n'est pas parfaitement sphérique, & qui est applatie vers les Poles. Le rapport entre les degrez de longitude & ceux de latitude, n'est pas absolument le même sur la Terre que sur un Globe, & il n'est pas difficile de s'assurer que toutes les opérations que nous venons d'expliquer donnent par cette raison la différence en longitude un peu trop grande. J'indique ci-dessous la petite partie qu'il faut retrancher, selon les diver-

ſes latitudes où l'on navigue. Si l'on eſt par 30 deg. de latitude, ou ſi le moyen parallele eſt de ce nombre de degrez, on trouvera vis-à-vis la fraction $\frac{1}{109}$, qui nous apprend qu'il faut retrancher une 109me. partie de la différence en longitude, après que les autres corrections ont été faites. Ainſi ſuppoſé qu'on trouvât 218 lieues majeures, & que la route eût été faite par 30 deg. de latitude, il faudroit retrancher 2 lieues ou 6 min. de la différence en longitude. J'ai expliqué dans le Livre de la figure de la Terre, déterminée par les Obſervations faites au Pérou, la conſtruction de la petite Table que je donne ici.

123. Au ſurplus on ne doit faire la diminution dont il s'agit, qu'après qu'on a eu le ſoin d'aſſujettir le point d'arrivée ſur la latitude obſervée. Cette opération qu'on doit faire précéder eſt, comme on l'a vû, extrêmement conjecturale ; c'eſt pourquoi on peut ſans doute négliger dans la pratique du Pilotage une auſſi petite différence que celle qu'apporte à la longitude la figure de la Terre. Nous ne faiſons auſſi mention de cette différence, que parce que nous ne voulons rien oublier, & que nous ſommes bien aiſe de ſatisfaire la curioſité de quelques Lecteurs.

124. *TABLE de la diminution qu'il faut faire à la différence en longitude, en conſéquence de la figure de la Terre qui n'eſt pas exactement ronde.*

Latitudes moyennes	Corrections ſouſtractives.	Latitudes moyennes	Corrections ſouſtractives.
Degrez.		Degrez.	
0	$\frac{1}{112}$	55	$\frac{1}{170}$
10	$\frac{1}{111}$	60	$\frac{1}{212}$
20	$\frac{1}{108}$	65	$\frac{1}{280}$
30	$\frac{1}{109}$	70	$\frac{1}{414}$
40	$\frac{1}{118}$	75	$\frac{1}{663}$
45	$\frac{1}{128}$	80	$\frac{1}{1518}$
50	$\frac{1}{144}$	85	$\frac{1}{5770}$

SECONDE SECTION,

Dans laquelle on explique la Réſolution des Routes de Navigation par diverſes Méthodes, ſoit en ſe ſervant de la Régle & du Compas, ſoit en employant ſeulement le Calcul.

AVERTISSEMENT.

On pourra regarder comme de ſurérogation tous les détails dans leſquels nous entrerons déſormais, & qui formeront cette ſeconde Section. On les mettra au même rang que les choſes que nous avons diſtinguées ci-devant à la marge par ces marques nommées Guillemets. *Rien n'empêche de ſe ſervir, pour réſoudre les Routes de Navigation, de toutes les Méthodes qu'on propoſe en Géométrie pour réſoudre les Triangles. On peut, en variant ces Méthodes, trouver un nombre preſque infini de différentes maniéres de faire, pour ainſi dire, ſon thême en Navigation. Nous ne croyons pas qu'on doive impoſer aux Pilotes l'obligation de ſçavoir pluſieurs de ces diverſes pratiques. Mais neanmoins les unes peuvent quelquefois ſervir au défaut des autres, ſelon qu'on veut opérer avec plus de promptitude ou avec plus de préciſion. Outre cela les Commençans en prendront occaſion de s'exercer davantage dans l'uſage du Quartier de réduction, en vérifiant ſur cet inſtrument les Réſultats qui leur ſeront fournis par les autres Méthodes.*

CHAPITRE PREMIER.

De la Réduction des Routes par le Compas de proportion, & par l'Echelle des Cordes simples.

I.

125. LE Compas de proportion, qui est une des principales piéces de l'Etui de Mathématiques, est formé de deux regles, qui sont ordinairement de cuivre, lesquelles sont jointes par une charniere qui leur permet de s'ouvrir ou de se fermer. Cet instrument est propre à former tous les triangles-rectilignes possibles; les branches de cuivre en représentent deux côtés; & on tire par la pensée une ligne droite, qui va d'une régle à l'autre, & qui achéve le triangle. On voit sur les deux faces de ces régles plusieurs lignes droites ou échelles, qui concourent toutes au centre de la charniére, & qui ont divers usages auxquels les destina le fameux Galilée, qui est l'inventeur de cet instrument. Mais il ne s'agit ici pour nous que des échelles des cordes qui sont marquées sur une face, & des échelles de parties égales qui sont marquées sur la face opposée. Nous ferons tous nos efforts pour rendre claires nos explications; mais malgré cela elles paroîtront obscures à ceux des Lecteurs qui n'auront pas de Compas de proportion entre les mains.

126. Les deux échelles des cordes, car il y en a une sur chaque régle, servent, en ouvrant le Compas de proportion, à former un angle, de quel nombre de degrez on veut. Si on se propose d'ouvrir l'instrument de 22 deg. 30 min. on prend avec un Compas commun la corde de ce nombre de degrez sur une des échelles; on ouvre

ouvre ensuite le Compas de proportion, & on transporte la corde depuis le point de 60 degrez d'une échelle jusqu'au point de 60 deg. de l'autre échelle; les deux branches de l'instrument, ou plutôt les deux lignes des cordes formeront après cela un angle de 22 deg. 30 min. Ainsi supposé qu'on prenne une des branches pour le Méridien ou pour la ligne Nord & Sud, l'autre branche representera alors le N N E ou le N N O, &c.

Trouver les Lieues de différence en latitude & les Lieues mineures pour une Route proposée.

127. On a attention dans la construction de l'instrument, de faire en sorte que les deux échelles des parties égales, qui sont tracées sur une des faces, répondent exactement au-dessous des lignes ou échelles des cordes qui sont gravées sur l'autre face. Ainsi lorsqu'on forme un angle d'un certain nombre de degrez avec ces deux dernieres lignes, les deux autres en forment un qui est exactement de la même grandeur. On s'en assurera, en remarquant que le point de 100 parties répond au point de 60 deg. sur l'autre face, & qu'il est indifférent de porter la longueur de la corde d'un angle proposé, depuis le point de 100 parties jusqu'au point de 100 parties, ou depuis le point de 60 deg. jusqu'au point de 60 deg. Il ne reste, après qu'on a formé avec l'instrument un angle égal à celui du rumb de vent, qu'à compter sur les parties égales le nombre de lieues qu'on a courues, en considérant le centre de la charniere, comme point de partance. L'extrémité des lieues de distance donnera le point d'arrivée; & il est évident que si on examine avec un Compas commun combien ce point est éloigné de l'autre branche, qui represente la ligne Nord & Sud, on aura les lieues mineures ou les lieues avancées vers l'Est ou vers l'Ouest. On reconnoîtra qu'on prend la plus courte distance, ou la distance

perpendiculaire, en décrivant un petit arc avec le Compas commun, qui ne doit faire que toucher la ligne Nord & Sud.

128. Si l'on entreprend de faire sur le Compas de proportion une des Regles composées que nous nous sommes proposées ci-devant, comme celle du N°. 101. nous aurons d'abord 100 lieues à courir sur le N E $\frac{1}{4}$ N, la variation de la Boussole ayant été corrigée. Ce rumb de vent fait un angle de 33 deg. 45 min. avec la ligne Nord & Sud; c'est ce qu'on nomme l'angle du rumb de vent. Nous ouvrirons donc l'instrument de ce nombre de degrez; & après l'avoir renversé, nous compterons 100 lieues sur les parties égales; ce qui nous donnera le point d'arrivée de notre route. Mesurant ensuite la distance perpendiculaire de ce point à l'autre branche, ou plutôt à l'autre échelle des parties égales, nous trouverons que les lieues mineures sont de 55 $\frac{1}{2}$. Il nous restera après cela à trouver les lieues Nord, ou de différence en latitude; mais une incommodité qu'on ne peut guère éviter dans l'usage du Compas de proportion, c'est qu'il faudra changer son ouverture.

129. On prendra le complément de 33 deg. 45 min. on aura 56 deg. 15 min. pour la distance de la route à l'Est. On ouvrira le Compas de proportion de ce dernier nombre de degrez; on renversera l'instrument, & considérant une des branches comme la direction de la route, on comptera une seconde fois 100 lieues sur les parties égales; & mesurant avec un Compas commun combien le point d'arrivée se trouve éloigné de l'autre branche, qui représentera, dans ce second cas, la ligne Est & Ouest, on aura les lieues Nord qui seront de 83, comme sur le Quartier de réduction.

130. On fera la même chose pour les autres routes, dont on aura déja disposé les articles. On a couru dans la seconde 230 lieues à l'O N O, qui est éloigné du Nord de 67 deg. 30 min. On ouvrira le Compas de proportion de

cette quantité ; une des branches de l'instrument représentera ensuite le rumb de vent de la seconde route, pendant que l'autre branche représentera le Nord ou le Méridien. On comptera les 230 lieues, en prenant chaque petite partie de l'échelle pour 2 lieues. Le point d'arrivée étant remarqué, on verra avec un Compas commun combien il est éloigné à l'Ouest, & perpendiculairement de la ligne Nord & Sud, représentée par l'autre branche, & on trouvera 212 lieues mineures Ouest.

131. Le même inconvénient que ci-devant s'offrira derechef, à cause des lieues Nord. Il faudra changer l'ouverture du Compas de proportion, & la rendre de 22 deg. 30 min. afin qu'une des branches puisse représenter l'ONO, pendant que l'autre représentera l'Ouest. Si on compte après cela 230 lieues sur l'échelle des parties égales de la premiere, on verra que le point d'arrivée est avancé de 88 $\frac{1}{2}$ lieues vers le Nord.

Trouver les Lieues de distance & le Rumb de vent en droite route dans les Régles composées.

132. Après qu'on aura trouvé les lieues mineures & les lieues Sud pour la troisiéme route, on fera le calcul précisément de la même maniere que si l'on travailloit sur le Quartier de réduction, pour avoir le résultat des lieues Nord ou Sud, & des lieues Est ou Ouest. Le tout se réduira à 155 $\frac{3}{4}$ lieues Nord, & 78 lieues Ouest dans l'exemple proposé. On se servira ensuite du Compas de proportion, pour découvrir le rumb de vent & les lieues de distance en droite ligne.

133. On ouvrira d'abord cet instrument, de maniere qu'il forme un angle droit. On prendra 90 degrez sur les cordes, avec un Compas commun, & on portera cet intervalle depuis 60 degrez jusqu'à 60 degrez, ou depuis

100 parties jusqu'à 100 parties. Une autre maniere de former l'angle droit, consiste à prendre sur les parties égales 200 parties avec un Compas commun, & à les porter depuis le point de 160 parties d'une échelle, jusqu'à celui de 120 de l'autre. Les deux branches, ou plutôt les deux lignes seront ensuite perpendiculaires l'une à l'autre : & on pourra donc prendre l'une pour la ligne Nord & Sud, & l'autre pour la ligne Est & Ouest. Ainsi si on compte sur la premiere les 155 $\frac{3}{4}$ lieues Nord, & sur la seconde les 78 lieues à l'Ouest, on aura aux extrémités de ces deux quantités, le point de départ & le point d'arrivée ; & il suffira de mesurer l'hypothenuse du triangle-rectangle, pour avoir les lieues de distance en droite route, qui seront de 174.

134. Il faudra passer après cela à une autre opération pour avoir le rumb de vent en droite ligne. On prendra avec un compas les lieues mineures 78, & appliquant une des pointes du compas sur les 174 lieues de distance, on approchera l'autre branche du Compas de proportion, jusqu'à ce qu'elle soit éloignée de la premiére, précisément des 78 lieues mineures, & on s'en assurera en décrivant un petit arc. Le Compas de proportion dans cet état marquera l'angle du rumb de vent en droite route. Pour le mesurer, il n'y aura qu'à prendre avec un Compas commun la distance du point de 100 parties égales, au point de 100 parties, ou bien du point de 60 deg. à celui de 60 deg. & portant cette ouverture sur l'échelle des cordes, on verra que l'angle est de 26 $\frac{3}{4}$ deg. Le rumb de vent est entre le N & l'O ; il sera donc au-delà du N N O de 4 $\frac{1}{4}$ deg. c'est-à-dire, qu'il sera le NNO 4 deg. 15 min. O.

Réduire les Lieues mineures en Lieues majeures.

135. Enfin il ne restera plus qu'à réduire les lieues mineu-

res en lieues majeures, ou en degrez de longitude. On a avancé 78 lieues en tout vers l'Oueſt ; mais ces 78 lieues répondent, ou ſont équivalentes, à un plus grand nombre de lieues ſur l'Equateur. Le moyen parallele eſt déja trouvé de 48 deg. 53 min. car le calcul & la diſpoſition des articles ne reçoivent aucun changement dans toutes ces différentes méthodes. Je prends le complément 41 deg. 7 min. du moyen parallele, & j'ouvre le Compas de proportion de ce nombre de degrez. Je prends enſuite avec un Compas commun les 78 lieues mineures ; je les porte perpendiculairement à une des branches, & le point où elles ſe terminent ſur l'autre me marque les lieues majeures 119. Cette opération répond parfaitement, comme il eſt évident, à celle qui ſe fait ſur le Quartier de réduction. Une des branches du Compas de proportion repréſente ici le fil tendu ſur le moyen parallele, & l'autre branche repreſente l'axe de la Terre, conformément à ce qui a été dit dans les N°. 20. & 21.

Réſoudre les autres Problêmes de Navigation ſur le Compas de proportion.

136. Il ne ſe trouvera aucune difficulté, lorſqu'on voudra réſoudre les autres Problêmes. S'il s'agit du ſecond, on connoîtra le rumb de vent & la différence en latitude. On formera avec le Compas de proportion un angle égal à celui du complément du rumb de vent, afin qu'une des branches puiſſe repréſenter la route, pendant que l'autre branche repréſentera la ligne Eſt & Oueſt. Prenant enſuite les lieues de différence en latitude avec un Compas commun, on les portera perpendiculairement à une des branches, & le point où elles ſe termineront ſur l'autre, ſera le point d'arrivée, & marquera les lieues de diſtance.

137. Dans le premier Exemple du ſecond Problême (N°. 41.) on a couru au S E $\frac{1}{4}$S, & le changement en la-

titude a été de 2 deg. 30 min. ou de 50 lieues; le complément du rumb de vent, ou l'angle que fait la route avec la ligne Eſt & Oueſt eſt de 56 deg. 15 min. il faut donc ouvrir d'abord le Compas de proportion de ce nombre de degrez, & prenant enſuite avec un Compas commun les 50 lieues de différence en latitude, on les portera perpendiculairement à une des branches, & on aura ſur l'autre 60 lieues de diſtance.

138. Dans le troiſiéme Problême, il s'agit de trouver l'angle du rumb de vent. On prendra une des branches du Compas de proportion pour la route, & l'autre pour la ligne Eſt & Oueſt. On comptera les lieues de diſtance ſur la premiere; le point où elles finiront ſera le point d'arrivée; & pour régler l'ouverture du Compas de proportion, on ſe ſervira des lieues Nord ou Sud, qu'on prendra avec un Compas commun, & qu'on portera depuis le point d'arrivée perpendiculairement à l'autre branche, qui ſera enſuite réellement la ligne Eſt & Oueſt. Dans le premier Exemple du troiſiéme Problême (N°. 49.) nous avons couru 45 lieues entre le Sud & l'Eſt, & nous avons changé en latitude de 1 deg. 30 min. ou de 30 lieues. On prendra donc 30 lieues avec un Compas commun, & les portant perpendiculairement à une des branches du Compas de proportion, on les fera terminer ſur l'autre branche, à la fin des 45 lieues de diſtance. Le Compas de proportion exprimera après cela, par ſon ouverture, le complément du rumb de vent qu'on trouvera de 42 deg. diſtance du rumb de vent à l'Eſt. Ainſi l'angle même du rumb de vent ſera de 48 degrez, & on aura couru au S E 3 deg. E.

139. On eſt obligé, dans tous ces Problêmes, de réduire les lieues mineures en lieues majeures; mais il faudra faire le contraire dans le quatriéme Problême; on ſera obligé de réduire les lieues majeures en lieues mineures. On a dans le premier Exemple du quatriéme Problême (N°. 53.) une différence en longitude, qui eſt de 2 deg.

15 min. ou de 45 lieues majeures, & le moyen parallele eſt de 42. degrez. On ouvrira le Compas de proportion de 48 degrez, complément du moyen parallele; & après avoir compté ſur une des branches les 45 lieues majeures, valeur de 2 deg. 15 min. de différence en longitude, on meſurera avec un compas commun la diſtance perpendiculaire juſqu'à l'autre branche, & on trouvera 33 $\frac{1}{2}$ lieues mineures. Connoiſſant après cela les lieues mineures & les lieues de différence en latitude, on opérera comme ci-deſſus (N°. 133. & 134.) pour trouver les lieues de diſtance & enſuite l'angle du rumb de vent. C'eſt aux Lecteurs qui commencent, à ſe propoſer un grand nombre d'exemples, s'ils veulent ſe rendre ſuffiſamment familiéres les pratiques précédentes.

V.

Réſoudre les Problêmes de Navigation par l'Echelle des Cordes ſimples.

140. Lorſqu'on réduit une route ſur le Quartier de réduction, on n'a pas réellement beſoin de toutes les lignes qui ſont tracées ſur cet inſtrument; on ne ſe ſert que de quelques-unes. Il eſt facile de tracer aſſez promptement celles-ci à part ſur une feuille de papier, par le moyen de l'échelle des cordes, & de celle des parties égales, lorſqu'on ſe borne à la ſolution d'un ſeul Problême.

141. On fera un angle droit en tirant deux lignes droites perpendiculairement l'une à l'autre, qui repréſentent le Méridien & un parallele à l'Equateur. On prendra la corde de 60 degrez ſur l'échelle des cordes, & on s'en ſervira de rayon pour décrire un arc, dont on mettra le centre à l'interſection des deux lignes droites. On peut avoir commencé par décrire cet arc, & s'en être ſervi pour former l'angle droit. On tirera enſuite le rumb de vent,

après avoir mis sur l'arc le nombre de degrez dont ce rumb de vent est éloigné de la ligne Nord & Sud : il ne restera plus qu'à porter sur la route la quantité de chemin qu'on a faite ; on prendra ce chemin sur l'échelle de dixmes, qui est au-dessus des échelles des cordes dans notre troisiéme planche ; ou bien on se servira de quelqu'autre échelle de parties égales. Le point d'arrivée étant trouvé, on abaissera une perpendiculaire à la ligne Nord & Sud, ou bien on tirera une parallele à la ligne Est & Ouest, & on aura les lieues mineures, pendant que les lieues de différence en latitude seront étendues sur le Méridien.

142. Rien n'empêche, si on a fait plusieurs routes, de les mettre les unes à la suite des autres, en tirant à la fin de chacune de nouvelles lignes Nord & Sud, & de nouvelles lignes Est & Ouest. La figure tracée représentera le cours de la Navigation, comme on a représenté sur la Carte des côtes de France & d'Espagne les routes *AD*, *DE*, *EF*, &c. On donnera, de cette sorte à la Méthode de résoudre les Problêmes de Navigation par l'échelle des cordes, un avantage que n'a pas le Quartier de réduction, dans lequel toutes les routes partent continuellement du même point. On tirera sur la figure ou sur l'espéce de Carte qu'on formera, une ligne droite depuis le point du départ jusqu'au point d'arrivée, & on aura le rumb de vent & les lieues de distance en droite ligne.

143. Enfin il faudra réduire les lieues mineures en lieues majeures. On cherchera le moyen parallele comme à l'ordinaire, & on tirera une ligne droite qui le représente. Cette ligne doit faire avec la ligne Nord & Sud, un angle égal au complément du moyen parallele ; & les lieues mineures étant placées comme le sinus de cet angle, on aura le long du moyen parallele les lieues majeures. On ne peut se trouver arrêté dans cette opération par aucune difficulté, puisqu'il ne s'agit précisément que

de

de se conformer à ce qu'on exécutoit sur le Quartier de réduction.

Solution du cinquiéme & du sixiéme Problêmes.

144. Nous ne résolvions que par quelque espéce de tâtonnement le cinquiéme & le sixiéme Problêmes dans lesquels la différence en longitude est connue ; mais nous pouvons ici les résoudre par une Méthode directe dont l'exactitude répondra à celle des autres Problêmes. Nous allons en faire l'application à un exemple, & on pourra employer aussi fort aisément cette même méthode dans le quatriéme Problême. Nous supposerons qu'on soit parti de 60 deg. 45 min. de latitude Nord, & de 15 deg. de longitude, & qu'ayant couru au N E $\frac{1}{4}$ N jusques par 19 d. 30 m. de longitude, il s'agisse de trouver la longueur du chemin qu'on a fait, & la latitude d'arrivée.

145. La différence en longitude est de 4 deg. 30 min. les lieues majeures sont donc de 90 lieues. Je les réduis en lieues mineures sur le parallele de la latitude du départ 60 deg. 45 min. de la maniere expliquée ci devant, & il vient 44 lieues mineures. Je réduis la même différence en longitude en lieues mineures par une autre latitude, plus grande de 4 ou 5 degrez que la premiére, ou simplement de 2 ou 3. Cependant on tâchera de se servir de la latitude d'arrivée, en prévoyant à peu près de combien elle doit être : mais il n'importe qu'on s'y trompe, & c'est ce qui est cause que la méthode que nous expliquons ici, n'est sujette à aucun tâtonnement. Je prends 62 deg. 45 min. & les 90 lieues majeures me donnent $41\frac{1}{5}$ lieues mineures sur cette nouvelle latitude. Prenant après cela sur le Méridien *A B* (*Fig.* 77.) le point *A* pour point de partance, j'éléve la perpendiculaire *A C* que je fais de 44 lieues pour marquer les lieues mineures correspondantes à notre différence en longitude sur la Fig. 77.

Fig. 77. latitude du départ. Je tire auſſi *B D* parallelement à *A C*, & je fais cette ligne de 41$\frac{1}{5}$ lieues ; mais au lieu de ne faire l'intervalle *A B* que de 40 lieues, je le fais du double de la différence en latitude que j'ai employée ; & c'eſt une régle générale. Je conduis enſuite la ligne droite *C D* ; elle repréſente le Méridien du point d'arrivée.

146. Cela ſuppoſé, il ne reſte plus qu'à tracer du point de départ *A*, le rumb de vent *A E*, de maniére qu'il faſſe avec le Méridien du départ *A B*, un angle de 33 deg. 45 min. parce qu'on a couru au N E $\frac{1}{4}$ N. Cette ligne viendra marquer ſur *D C* le point *E* pour le terme de la route. On aura les lieues de diſtance depuis *A* juſqu'en *E*, qu'on trouvera de 75$\frac{1}{3}$; & ſi on conduit *E F* parallelement à *A C*, on aura dans la longueur de cette ligne, les lieues mineures, & *A F* ſera en même tems la différence en latitude ou les lieues Nord qu'on trouvera de 62$\frac{2}{3}$ lieues, valeur de 3 deg. 8 min. Ainſi on ſera arrivé par 63 deg. 53 min. de latitude Nord.

147. On peut employer la même méthode pour réſoudre le ſixiéme Problême, dans lequel connoiſſant la différence en longitude & les lieues de diſtance, on demande le rumb de vent & la latitude d'arrivée ?

148. On conduira le Méridien *C D* de la longitude d'arrivée, comme nous l'avons fait ; c'eſt-à-dire qu'on réduira la différence en longitude ou les lieues majeures en lieues mineures ſur deux différentes latitudes. Les lieues mineures étant trouvées, on les étendra en *A C* & en *B D*, en rendant toujours l'intervalle *A B* double de celui qu'on aura mis entre les deux latitudes, & on tirera la droite *C D*. Enfin on prendra ſur l'échelle des parties égales, les lieues de diſtance qui ſont connues, & les portant depuis *A* juſqu'en *E*, on aura dans ce dernier point l'extrémité de la route. Il ne reſtera plus après cela qu'à voir la ſituation de *A E* par rapport au Méridien *A B* du départ, pour avoir le rumb de vent, & abaiſſant la perpendiculaire *E F* ſur *A B*, on aura *A F* pour la différence en latitude.

149. Il ſeroit aſſez difficile par toute autre méthode de trouver le rumb de vent qu'il faut ſuivre pour ſe rendre par la route ou la loxodromie la plus courte d'un point de départ donné à une longitude propoſée. Lorſqu'on eſt ſur l'Equateur, il eſt évident qu'il faut courir exactement à l'Eſt ou à l'Oueſt; mais ſi on eſt par 60^{d}. 45^{m}. de latitude, & ſi on veut, en faiſant le moins de chemin qu'il ſe peut, changer en longitude de 4 deg. 30 min. il faudra ſuivre dans la *Figure* 77 le rumb de vent qui eſt repréſenté par la ligne droite *A G* perpendiculaire à *C D*. Ce rumb de vent ſera à peu près l'Eſt 2 deg. Nord. Si la différence en longitude étoit beaucoup plus grande, ſi elle étoit de 30 ou 40 degrez, le Méridien *C D* ſe trouveroit alors beaucoup plus incliné par rapport au Méridien de départ *A B*, & la route *A G* qu'il ſeroit à propos de prendre, ſeroit beaucoup plus éloignée de l'Eſt; il faudroit ſuivre l'E$\frac{1}{4}$N E ou l'E N E. Quelque grande que ſoit la différence en longitude, notre conſtruction ſera également bonne, pourvû que la différence en latitude ne ſorte pas des limites qui rendent exactes les méthodes ordinaires de naviguer. La *Figure* 77 eſt à très-petit point; mais il n'y aura qu'à en augmenter les dimenſions, en ſe ſervant d'une échelle dont les parties égales ſoient plus grandes. Fig. 77.

CHAPITRE II.

Méthode de réſoudre les Routes de Navigation, en ſe ſervant des Tables des Sinus & de celles des Logarithmes.

150. ON peut réſoudre les mêmes Problêmes avec plus d'exactitude, en n'employant que le calcul. Les opérations qu'on fait avec la Régle & le

Compas, ſont ordinairement plus promptes ; mais on eſt au moins ſujet à s'y tromper de ces petites parties qui échappent à nos ſens, & qui quelquefois néanmoins deviennent très-conſidérables. On peut au contraire porter la préciſion auſſi loin qu'on veut par les méthodes purement arithmétiques.

I.

Solution du premier Problême général de Navigation.

151. Les Lecteurs feront bien de conſulter derechef ce que nous avons dit vers la fin du premier Livre touchant la réſolution des triangles-rectangles par les Tables des Sinus *. Si le triangle *A B C* de la *Figure* 34. repréſente celui que forment ſur la ſurface de la Mer les lieues de diſtance, les lieues Nord & les lieues mineures, il n'y aura qu'à prendre pour Sinus total l'hypothénuſe *A C*, ou les lieues de diſtance qu'on connoît. Les lieues mineures *B C* deviendront le Sinus de l'angle *A*, qui eſt l'angle du rumb de vent, & les lieues Nord *A B* ſeront le Sinus de l'angle *C*, qui eſt le complément du rumb de vent. Ainſi il n'y aura que deux régles de Trois ou analogies à faire, pour découvrir dans le premier Problême de Navigation les lieues mineures & les lieues Nord ou Sud. Nos Tables des Sinus nous offrent ces quantités toutes calculées pour une route qui ſeroit de 100000 li. mais il faut les réduire par des régles de Trois, parce que nos routes ſont plus petites.

* Voyez N°.86 & ſuiv.

Trouver les Lieues mineures & les Lieues de différence en latitude.

152. On trouvera donc les lieues mineures par cette analogie : *le Sinus total eſt aux lieues de diſtance, comme le*

Sinus du rumb de vent est à un quatriéme terme qui sera les lieues mineures.

153. On découvrira les lieues Nord ou Sud, en faisant cette autre régle de Trois : *Le Sinus total est aux lieues de distance, comme leCo-Sinus du rumb de vent est aux lieues de différence en latitude.*

Réduire les Lieues mineures en Lieues majeures.

154. La différence en latitude étant trouvée, on cherchera la latitude d'arrivée & le moyen parallele comme à l'ordinaire ; & on passera ensuite à la réduction des lieues mineures en lieues majeures. Ceci se rapporte à ce que nous avons expliqué dans la premiére Section de ce cinquiémeLivre, depuis le N°. 16. jusqu'au N°. 24. Si dans la figure 33. la ligne *CH* représente le fil du Quartier de réduction, tendu sur le moyen parallele, & qu'on prenne les lieues majeures *CD* ou *CH* pour rayon ou Sinus total, les lieues mineures *FD* ou *BH* seront Sinus du complément du moyen parallele. Ainsi nous n'aurons qu'à faire cette analogie pour trouver les lieues majeures : *Le Sinus complément du moyen parallele est aux lieues mineures, comme le Sinus total est aux lieues majeures.*

155. Si l'on veut faire ce calcul par une régle de Trois dont le Sinus total soit le premier terme, il n'y a qu'à considérer les lieues mineures comme rayon ou Sinus total, & les lieues majeures deviendront Sécante du moyen parallele. On pourra donc faire cette autre régle de Trois : *Le Sinus total est aux lieues mineures, comme la Sécante du moyen parallele est aux lieues majeures.*

EXEMPLE DU PREMIER PROBLÊME.

156. On est parti de 60 deg. 45 min. de latitude Nord & de 15 deg. de longitude ; on a couru $75\frac{1}{3}$ lieues, ou

226 milles ou tiers de lieue au NE$\frac{1}{4}$N. On demande la latitude & la longitude d'arrivée.

157.

	Deg.	Min.	
Latitude du départ N.	60	45	187.9 Milles au Nord.
Différence en latitude N.	3	8	125.6 Milles mineur. à l'E.
Latitude d'arrivée N.	63	53	60 d. 45 m.
Moyen parallele.	62	19	63 53
Longitude du départ	15	0	124 d. 38 m.
Différence en longitude E.	4	30	62 19 Moyen parall.
Longitude d'arrivée.	19	30	270.3 Milles majeur. à l'E.

158. Les articles étant disposés, comme lorsque nous travaillons par le Quartier de réduction, je fais attention que le NE$\frac{1}{4}$N est éloigné du Nord de 33 deg. 45 min. Je cherche le Sinus de cet angle dans les Tables, je trouve 55557, & je transcris en même tems le Co-Sinus, ou Sinus de complément 83147. Ces deux nombres serviront de troisiémes termes aux deux analogies qu'il faudra que nous fassions pour trouver les deux côtés *AB* & *BC* du triangle de la figure 34.

159. La premiére de ces régles de Trois consiste à dire: Le Sinus total 100000 est aux 226 milles de longueur du chemin, comme le Co-Sinus 83147 du rumb de vent est à 187.9 milles de différence en latitude. Le produit de 226 par 83147 est 18791222 qu'il faut diviser par le Sinus total; mais il suffit, pour faire cette division, de retrancher cinq figures à la droite; & comme le premier des chiffres retranchés est un 9, il forme 9 dixiémes de mille qu'on peut joindre aux 187 milles, en le distinguant par un point. On a donc presque 188 milles ou tiers de lieue de différence en latitude, valeur de 3 deg. 8 min.

160. Nous avons pour l'autre régle de Trois: Le Sinus total 100000 est aux milles 226 du chemin comme le Sinus 55557 de l'angle du rumb de vent est aux milles avancés vers l'Est. Le produit des deux derniers termes est 12555882; & retranchant les cinq derniéres figures, on a 125.5 milles mineurs avancés vers l'Est, ou plutôt 125.6, à cause de la grandeur du reste. Si on veut porter

la précision encore plus loin, il n'y a qu'à employer les deux premiers chiffres retranchés, & on aura 125.56, c'est-à-dire, 125 milles, & 56 centiémes.

161. Il faut enfin réduire ces 125.6 milles mineurs en degrez & minutes de longitude, en se servant du moyen parallele 62 deg. 19 min. On fera cette régle de Trois : Le Co-Sinus de 62 deg. 19 min. sçavoir, 46458 est aux milles mineurs 125.6, comme le Sinus total 100000 est à 270.3 milles majeurs. On peut négliger les 3 derniers dixiémes de mille qui sont moindres qu'un tiers de mille. On aura donc 270 milles majeurs, ou 270 minutes, valeur de 4 deg. 30 minutes de différence en longitude.

162. Au lieu de faire la régle de Trois précédente, on fera, si l'on veut cette autre : Le Sinus total 100000 est aux milles mineurs 125.6, comme la Sécante 215246 du moyen parallele est aux milles majeurs 270.

163. On peut suivre une autre pratique, quant au moyen parallele. On peut faire une somme des Co-Sinus des deux latitudes du départ & de l'arrivée ; & prenant la moitié de la somme, il viendra pour Sinus complément du moyen parallele une quantité un peu moindre que celle que nous avons trouvée ci-devant, mais qui n'en différera guére : il viendra 46441 dans l'exemple proposé. Au lieu de prendre la Sécante du moyen parallele, on peut aussi ajouter ensemble les Sécantes des deux latitudes, & prendre la moitié de leur somme. On trouvera une Sécante un peu plus grande que lorsqu'on s'arrête à celle du nombre de degrez, qui tient exactement le milieu entre les deux latitudes, & qu'on nomme souvent *le Moyen parallele arithmétique.*

Résoudre le même Problême par les Logarithmes.

164. On fera précisément les mêmes régles de Trois ou analogies, en cherchant les Logarith. Sinus dans la pre-

miére Table, & les Logarithmes des lieues ou des milles dans la Table des Logarithmes des nombres abſolus ; mais il faudra ajouter enſemble, comme on le ſçait, le ſecond & le troiſiéme termes, & on en ôtera le premier ; ce qui tiendra lieu de multiplication & de diviſion. Nous aurons pour les trois premiers termes de l'analogie qui doit nous donner les lieues mineures ou milles à l'Eſt dans l'exemple précédent, le Logarith. 10.0000000 du Sinus total, le Log. 2.3541084 des 226 milles de chemin, & le Log. Sin. 9.7447390 de l'angle du rumb de vent 33 deg. 45 min. On trouvera par le calcul le quatriéme terme 2.0988474 qui répond à environ 125$\frac{1}{2}$ milles mineurs avancés vers l'Eſt.

165. L'autre analogie ſera : 10.0000000 eſt au Logarithme 2.3541084 du chemin, comme le Co-Sinus Logarith. 9.9198464 du rumb de vent eſt à 2.2739548 qui répond à preſque 188 pour les milles de différence en latitude, avancés au Nord.

166. Nous aurons enfin pour la réduction des milles mineurs en degrez de longitude : Le Logarith. 9.6670647 du Sinus complément du moyen parallele eſt au Logarithme 2.0988474 des milles mineurs, comme le Logarithme 10.0000000 du Sinus total eſt au Log. des milles majeurs. Le quatriéme terme eſt 2.4317827 qui répond à 270 milles ou tiers de lieue, qui valent 4 degrez 30 min. de différence en longitude. On doit remarquer que nous avons employé le Log. 2.0988474 que nous a fourni immédiatement notre premiére analogie pour les milles à l'Eſt, & qu'on peut de cette ſorte ſe diſpenſer de chercher à quel nombre répond ce Logarithme.

Réſoudre le même Problême en ne faiſant que deux Analogies.

167. Il eſt facile de s'appercevoir que les calculs précédens peuvent s'abréger encore plus conſidérablement, &

& qu'au lieu de trois analogies que nous venons de faire, on peut toujours n'en faire que deux. Il en faut néceſſairement une pour découvrir la différence en latitude ; mais on peut trouver la différence en longitude, ſans chercher les lieues mineures. Il n'y aura pour cela qu'à faire cette ſeule proportion : *La Sécante du complément du rumb de vent eſt aux lieues de diſtance, comme la Sécante du moyen parallele eſt aux lieues majeures.*

168. On verra la raiſon de cette analogie, en conſidérant les lieues mineures *BC* dans la figure 34, comme Sinus total, & les mêmes lieues mineures *FD* dans la fig. 33. auſſi comme Sinus total. Les lieues de diſtance *AC* dans la fig. 34, ſeront Sécante de l'angle *C* complément du rumb de vent, & les lieues majeures *CD* dans la fig. 33, ſeront Sécante de l'angle *D*, qui eſt égal au moyen parallele, puiſque l'angle *FCD* en eſt le complément. Ainſi comparant la Sécante compl. du rumb de vent aux li. de diſtance, on peut comparer la Sécante du moyen parallele aux lieues majeures ; puiſque les lieues mineures, quoiqu'on ne ſe donne pas la peine de les chercher, ſont également priſes pour Sinus total dans ces deux comparaiſons.

169. Il y a même rapport entre deux Sécantes qu'entre leurs Sinus de complément, mais dans un ordre renverſé, comme nous l'avons fait remarquer dans le premier Livre *. Ainſi on peut encore trouver immédiatement les lieues majeures par cette analogie : *Le Sinus complément du moyen parallele eſt aux lieues de diſtance, comme le Sinus du rumb de vent eſt aux lieues majeures.* * Voyez N°. 84.

170. Si nous appliquons cette derniére proportion à l'exemple propoſé ; nous aurons ; 9.6670647 Log. du Sinus compl. du moyen parallele eſt au Log. 2.3541084 des milles de chemin 226, comme le Log. 9.7447390 de l'angle du rumb de vent 33 deg. 45 min. eſt à 2.4317827 pour le Log. de la différence en longitude 270 milles ou tiers de lieue, comme nous l'avions déja trouvé.

II.

Solution du second Problême de Navigation en se servant des Tables des Sinus & des Logarithmes.

171. *Exemple.* On est parti de 44 deg. de latitude Sud & de 359 de longitude, & ayant couru au S S E 5 deg. S, on est arrivé par 48 deg. de latitude aussi Sud. On demande le nombre de lieues qu'on a courues, & la longitude du point où on est arrivé.

172. La différence en latitude est de 4 deg. ou de 80 li. & l'angle du rumb de vent est de 17 deg. 30 min. il seroit de 22 deg. 30 min. si nous avions couru exactement au SSE; mais les 5 degrez sont à retrancher de 22 degrez 30 min. Cela supposé, dans le triangle-rectangle *A B C* (*Fig.* 34.) que forme notre route avec les lieues Nord & les lieues mineures, nous connoissons le côté *A B* & l'angle *A*, il s'agit de trouver d'abord les lieues de distance *A C* & les lieues mineures *B C.*

Trouver les Lieues de distance & les Lieues mineures.

173. Si nous prenons la différence en latitude pour Sinus total, les lieues de distance serviront de Sécante au rumb de vent ou à l'arc *B F*, qui en mesure l'angle, & les lieues mineures *B C*, seront en même tems Tangente. Ainsi nous pourrons faire ces deux proportions : *Le Sinus total est aux lieues Nord ou Sud, comme la Sécante du rumb de vent est aux lieues de distance ;* & cette autre : *Le Sinus total est aux lieues Nord ou Sud, comme la Tangente du rumb de vent est aux lieues mineures.*

174. Comme la plûpart des Tables ne contiennent pas de Logarithme pour les Sécantes, on sera obligé de

changer la premiére de ces proportions, lorsqu'on voudra se servir des Logarithmes. On prendra les lieues de distance *A C* pour rayon ou Sinus total, en décrivant l'arc du point *C* comme centre, & on fera cette analogie : *Le Sinus complément du rumb de vent est aux lieues de différence en latitude comme le Sinus total est aux lieues de distance.*

175. Nous allons appliquer cette derniére analogie à l'exemple que nous voulons résoudre. Nous aurons ; 9.9817370 Log. du Sinus complément du rumb de vent est au Log. 1.9030900 des 80 lieues de différence en latitude, comme le Log. 10.0000000 du Sinus total est à 1.9213530 Log. de 83.44 lieues de distance. On remarquera qu'au lieu de chercher simplement 1.9213530 dans les Tables, nous avons augmenté sa caractéristique ou figurative de 2, & que nous avons cherché 3.9213530. C'est précisément la même chose que si nous avions multiplié les lieues de distance par 100. Nous avons trouvé ensuite 83.44 lieues de distance, ou 83 lieues & 44 centiémes, au lieu de 83. Si l'on n'augmentoit la caractéristique que d'une unité, les lieues de distance ne se trouveroient multipliées que par 10; & on auroit 83.4. On peut, en écrivant les articles, négliger une petite fraction, & mettre $83\frac{1}{2}$ lieues.

176. L'analogie qui sert à trouver les lieues mineures se réduit à celle-ci : Le Log. 10.0000000 du Sinus total est au Log. 1.9030900 de 80 lieues de différence en latitude, comme le Log. 9.4987223 de la Tangente du rumb de vent 17 deg. 30 min. est à 1.4018123 Log. d'un peu plus de 25 pour les lieues mineures.

Réduction des Lieues mineures en Lieues majeures.

177. Enfin nous réduisons ces lieues mineures en lieues majeures par cette derniére analogie ; 9.8417713 Log. du Co-Sinus du moyen parallele est au Log. 1.4018123 des

lieues mineures, comme le Log. du Sinus total eſt à 1.5600410 Log. de 36.3 lieues majeures qui valent 1 deg. 49 min. de différence en longitude : ainſi le Problême eſt entiérement réſolu. Si nous avions cherché immédiatement le Log. 1.5600410 dans les Tables, nous euſſions trouvé 36 lieues majeures & un peu plus ; mais ayant augmenté d'une unité la figurative du Logarithme, il nous eſt venu 2.5600410, qui nous a donné la différence en longitude en dixiémes de lieues.

Réſoudre le ſecond Problême, en ne faiſant que deux analogies.

178. On peut dans ce Problême s'épargner également, ſi l'on veut, la peine de faire trois analogies, & on n'en fera que deux, en cherchant les lieues majeures ſans les déduire des lieues mineures. On ſe ſervira pour cela d'une des deux régles de Trois que nous avons indiquées ci-deſſus N°. 167 & 169, ou bien on fera cette autre proportion : *La Tangente du complément du rumb de vent eſt à la différence en latitude, comme la Sécante du moyen parallele eſt à la différence en longitude ou aux lieues majeures.* Il eſt facile de s'aſſûrer que cette analogie eſt exacte ; car prenant les lieues mineures pour Sinus total ou pour rayon, la différence en latitude ſert de Tangente au complément du rumb de vent dans un triangle, pendant que les lieues majeures ſervent de Sécante dans l'autre triangle.

III.

Solution du troiſiéme Problême.

179. *Exemple.* On eſt parti de 48 deg. 45 min. de latitude Nord ; & de 2 deg. 50 min. de longitude, on a couru 160 lieues entre le Sud & l'Oueſt, & on eſt arrivé par 43 deg. 30′ de latitude auſſi Nord. On demande quel eſt

le rumb de vent qu'on a ſuivi, & par quelle longitude on eſt arrivé.

Trouver le Rumb de vent.

180. Si nous prenons les lieues de différence en latitude pour ſinus total dans la *Figure* 34. les lieues de diſtance feront ſécante du rumb de vent. Ainſi nous pourrons faire cette proporton: *Les lieues de différence en latitude ſont au ſinus total, comme les lieues de diſtance ſont à la ſécante du rumb de vent.* On ne manquera pas de remarquer que nous ſommes attentifs à rendre les deux comparaiſons exactes; nous mettons au premier terme les lieues de différence en latitude, pendant que nous mettons au troiſiéme les lieues de diſtance; & ces deux termes ſont également des lieues. Le ſecond & le quatriéme termes ſont auſſi de même genre; puiſque nos Tables ne font que repréſenter ſous le nom de ſinus total, de ſécante, &c. les dimenſions d'un triangle, dont un des côtés eſt de 100000 parties. Nous pouvons, au lieu de la proportion précédente, faire cette autre, en prenant les lieues de diſtance *AC* pour rayon, & en mettant en *C* le centre de l'arc *AE*: *Les lieues de diſtance ſont au ſinus total, comme les lieues Nord ou Sud ſont au ſinus complément du rumb de vent.*

181. Si nous appliquons cette ſeconde analogie à l'exemple propoſé, nous aurons; les lieues de diſtance 160 ſont au ſinus total 100000, comme les 105 lieues de différence en latitude ſont à 65625 co-ſinus du rumb de vent. Ce Sinus répond à 41 deg. 1 min. Ainſi l'angle du rumb de vent eſt de 48 deg. 59 min. & la route eſt donc le S O 3 deg. 59 min. O.

182. L'opération ſera ordinairement plus courte par les Logarithmes. Nous aurons; le Log. 2. 2041200 des lieues de diſtance eſt au log. 10. 0000000 du ſinus total, comme le Log. 2. 0211893 des lieues de différence en latitude eſt à 9. 8170693 Log. co-ſinus du rumb de vent 48 deg. 59 min.

Trouver la différence en longitude.

183. Nous pouvons trouver après cela la différence en longitude immédiatement par la proportion que nous avons donnée dans le Problême précédent (N°. 178.) ou par l'une des deux que nous avons indiquées dans le premier Problême, NN°. 167 & 169. Mais si on veut la déduire des lieues mineures, nous chercherons ces derniéres lieues comme dans le premier ou dans le second Problême. Supposé que nous prenions la différence en latitude pour sinus total, les lieues mineures seront tangente de l'angle du rumb de vent. Ainsi nous ferons cette analogie : Le sinus total 100000 est aux lieues de différence en latitude 105, comme la tangente de l'angle du rumb de vent 114969 est aux lieues mineures 120. 7.

184. Si l'on fait l'analogie par les Logarithmes, on aura : 10. 0000000 est à 2. 0211893, comme 10. 0605818 est à 2. 0817711 Log. de 120. 7.

185. Enfin on réduira les lieues mineures en lieues majeures par cette proportion ; le Log. 9. 8407880 co-sinus du moyen parallele 46 deg. 7 $\frac{1}{2}$ min. est au Logar. 2. 0817711 des lieues mineures, comme le Logarithme 10. 0000000 du sinus total est à 2. 2409831 Log. de 174. 2 lieues majeures, valeur de 8 deg. 43 min. de différence en longitude.

I V.

QUATRIEME PROBLEME.

186. *Exemple.* On est parti de 43 deg. 30 min. de latitude Nord, & de 354 deg. 7 min. de longitude, & on est arrivé par 48 deg. 45 min. de latitude aussi Nord, & 2 deg. 50 min. de longitude. On demande le rumb de vent sur lequel on a couru & la longueur de la route.

Réductions des Lieues majeures en Lieues mineures.

187. Connoiſſant les deux latitudes, nous trouverons le moyen parallele 46 deg. 7 $\frac{1}{2}$ min. dont on ſe ſervira pour réduire la différence en longitude 8 deg. 43 min. ou les lieues majeures 174 $\frac{1}{3}$ en lieues mineures. Nous ferons pour cela le contraire de ce que nous faiſions dans les Problêmes précédens : nous dirons ; le ſinus total 100000 eſt aux lieues majeures 174$\frac{1}{3}$, comme le ſinus complément 69308 du moyen parallele eſt aux lieues mineures 120. 8.

Trouver le Rumb de vent.

188. Les lieues mineures étant trouvées, elles nous ſerviront, avec les lieues de différence en latitude, à trouver le rumb de vent. Nous dirons : Les lieues Nord 105 ſont au ſinus total, comme les lieues mineures 120. 8 ſont à la tangente du rumb de vent. Il vient 115073 pour cette tangente, qui répond à un peu plus de 49 dégrez. Ainſi le rumb de vent eſt le N E 4 deg. E.

Trouver les Lieues de diſtance.

189. Enfin on trouvera les lieues de diſtance par cette proportion ; le Sinus total 100000 eſt aux lieues de différence en latitude 105 comme la ſécante du rumb de vent 152450 eſt à 160. 1.

190. Si l'on veut opérer par les Logarithmes, on prendra les lieues de diſtance pour ſinus total, & on fera l'analogie indiquée N°. 174, dans le ſecond Problême.

Solution du même Problême, en ne faiſant que deux analogies.

191. On peut auſſi ſe diſpenſer, ſi l'on veut, de cher-

cher les lieues mineures, & on s'épargnera la peine de faire une des trois analogies que nous venons de prescrire. On employera dans un ordre renversé celle dont nous nous sommes servi dans le second Problême, N°. 178. On dira : Les lieues majeures sont à la sécante du moyen parallele, comme les lieues de différence en latitude sont à la tangente du complément du rumb de vent. Il ne restera plus après cela, (le rumb de vent étant trouvé,) qu'à chercher comme ci-dessus les lieues de distance.

V.

CINQUIE'ME PROBLE'ME.

192. *Exemple.* On est parti de 60 deg. 45 min. de latitude Nord, & de 15 deg. de longitude, on a couru au N E $\frac{1}{4}$ N, & on est arrivé par 19 deg. 30 min. de longitude. On demande les lieues de distance & la latitude d'arrivée.

Trouver dans la Figure 77 l'obliquité qu'ont l'une par rapport à l'autre les deux lignes droites A B & C D, *qui représentent les Méridiens.*

193. Nous réglerons notre calcul pour résoudre ce Problême, sur l'opération que nous avons expliquée à la fin du Chapitre précédent. Nous réduirons d'abord les 4 deg. 30 min. de différence en longitude ou les 90 lieues majeures en lieues mineures, sur le parallele de la latitude du départ. Nous ferons cette analogie : Le sinus total est aux lieues majeures, comme le sinus complément de la latitude du départ est aux lieues mineures, ou à l'intervalle *A C*, (*Fig.* 77.) que nous mettrons entre les deux Méridiens *A B* & *C D*, sur le parallele du départ. Nous trouverons *A C* de 43 . 98 lieues dans cet Exemple.

194.

194. Nous réduirons ensuite les lieues majeures en lieues mineures sur une autre latitude, plus grande ou plus petite que celle du départ, selon que notre route nous éloigne de l'Equateur ou nous en approche. Nous avons choisi 62 deg. 45 min. de latitude, & les 90 lieues majeures se réduisent sur ce parallele à 41.21 lieues pour *BD*. Ainsi la quantité dont il s'en faut que le Méridien *CD* ne soit parallele à l'autre, est de 2.77 lieues, & c'est la valeur de *Dd*; mais au lieu de faire *AB* ou *Cd* de 40 lieues, il faut le faire de 80. Dans le triangle *DdC* connoissant après cela *Cd* de 80 lieues, & *Dd* de 2.77, nous n'avons qu'à faire cette proportion ; *Cd* est au sinus total comme *Dd* est à la tangente de l'angle *DCd*; & nous trouverons cet angle de 1 deg. 59 min. C'est donc de cette quantité, dont les deux Méridiens *AB* & *CD* s'approchent l'un de l'autre. Fig. 77.

Trouver les Lieues de distance & la différence en latitude.

195. Le reste du calcul ne contient aucune difficulté. Nous connoissons désormais dans le triangle *ACE* les trois angles & le côté *AC*: il suffit de faire une seule analogie pour trouver les lieues de distance *AE*. Nous connoissons l'angle *EAC*, qui est le complément du rumb de vent, & qui est de 56 deg. 15 min. D'un autre côté l'angle *ECA* est l'angle droit diminué de l'angle *DCd*; & il est donc de 88 deg. 1 min. l'angle *E*, qui est le troisiéme angle, est le reste à 180 degrez; ou, si on veut le trouver autrement, il n'y a qu'à augmenter l'angle du rumb de vent, en y ajoutant 1 deg. 59 min. pour l'obliquité d'un Méridien par rapport à l'autre; mais il faudroit soustraire cette obliquité, si les deux Méridiens alloient en s'écartant, comme cela arrive lorsque la route fait qu'on s'approche de l'Equateur. Nous aurons ici 35 deg. 44 min. pour l'angle requis *AEC*. Ces préparations étant faites,

Figure 77. nous n'aurons qu'à nous servir de cette analogie : Le sinus de l'angle *E* est à *AC*, qui est de 43 . 98 lieues, comme le sinus de l'angle *ACE*, qui est de 88 deg. 1 min. est au côté *AE*, qui lui est opposé. Il vient 75 . 29 lieues pour ce côté, & c'est la longueur du chemin ou les lieues de distance qu'on vouloit découvrir.

196. Enfin les lieues de distance étant connues, on cherchera comme ci-devant les lieues Nord ou de différence en latitude. On trouvera 62 . 60 lieues, valeur de 3 deg. 8 min. & le Problême sera entiérement résolu.

197. La démonstration de la pratique précédente se présenteroit naturellement, si l'on voyoit pourquoi, après avoir fait la réduction de la seconde distance *BD* des Méridiens, pour une certaine latitude, on met toujours *BD* par une latitude deux fois plus éloignée. Si l'on ne faisoit pas cette transposition, les lignes droites *AB* & *CD* se trouveroient exactement dirigées comme les Méridiens le sont sur la surface du Globe dans l'endroit où se fait la Navigation ; au lieu que dans la *Figure* 77 les deux Méridiens vont se rencontrer deux fois plus loin. C'est ce que nous sommes obligés de faire pour corriger le défaut de nos triangles rectilignes qui ne representent pas parfaitement les triangles loxodromiques, quant aux lieues mineures. On n'a qu'à se ressouvenir de ce que nous disions vers le commencement de ce Livre N°. 13 & 14. Nous partions du point *A* dans la Figure 53, & nous suivions la route *AI*; mais, comme on le sçait, nos lieues mineures n'étoient représentées, ni par *AD*, ni par *QI*, mais par *XY*. Or lorsqu'on substitue, comme cela se fait dans toutes les pratiques ordinaires du Pilotage, une ligne droite à la place de la loxodromie *AI*, & que nous rendons *QI* égale aux lieues mineures *XY*, si l'on veut que l'extrémité *I* de la route tombe toujours sur le Méridien *DP*, il faut nécessairement changer la direction de ce Méridien, & porter à une distance double le point de concours *P*. On corrigera de cette sorte une altération par

une autre ; & comme tout ensuite se rapportera parfaitement, ce sera précisément la même chose que si on n'avoit pas représenté la loxodromie ou le rumb de vent par une ligne droite.

Autre Méthode de trouver dans la Figure 77 l'obliquité des deux Méridiens AB & CD.

198. Nous pouvons découvrir l'obliquité des deux Méridiens *AB* & *CD* de la *Fig.* 77. d'une maniere plus courte, mais qui est sujette à cet inconvénient, que la démonstration en sera un peu plus difficile, & ne sera entendue que par les Lecteurs qui sçauront un peu plus de Géométrie que nous n'en avons expliqué dans cet Ouvrage. Nous réduirons d'abord en parties du Sinus total l'arc de l'Equateur qui répond à la différence en longitude. La corde de 60 degrez est égale au rayon, mais l'arc est un peu plus grand ; & pour en avoir un qui soit égal au rayon, il faut le prendre d'environ 57 deg. 18 min. ou de 3438 minutes. Nous pourrons donc faire cette analogie ; 3438 m. est au Sinus total que nous désignons par la lettre *r*, comme la différence en longitude en minutes que nous nommerons *d*, est à $\frac{rd}{3438}$ pour la valeur de la différence en longitude en parties du rayon. Cette valeur étant trouvée, nous chercherons celle de *A C* (*Fig.* 77.) par cette analogie ; le Sinus total *r* est à $\frac{rd}{3438}$ comme le Sinus *c* du complément de la latitude du point *A* est à $AC = \frac{cd}{3438}$.

199. Cela supposé, nous considérerons que si on prolongeoit en lignes droites les deux Méridiens qui passent sur la Terre par les points *A* & *C*, ils iroient se rencontrer en dehors du Globe sur l'axe prolongé, & leur longueur seroit égale à la Tangente *t* du complément de la latitude. Mais, comme nous l'avons vû, l'altération que nous faisons au triangle loxodromique, en le rendant rectiligne, exige que nous portions le point de concours des Méridiens à une distance double. Il faut par

Fig 77. conféquent doubler la Tangente t du complément de la latitude, & il ne reftera plus après cela pour trouver l'angle que forment les deux lignes AB & CD, qu'à réfoudre le triangle-rectangle dont le côté AB prolongé eft double de t, & dont l'autre côté AC eft égal à $\frac{cd}{3438}$. Nous ferons cette proportion ; le premier côté $2t$ eft au Sinus total r comme $AC = \frac{cd}{3438}$ eft à la Tangente de l'obliquité requife, qui fera $\frac{rcd}{6876t}$; & fi à la place du rapport du Sinus c complément de la latitude & de la Tangente t du même complément, on met le Sinus s de la latitude & le Sinus total, nous aurons $\frac{sd}{6876}$ pour la Tangente de l'obliquité requife.

200. Ainfi pour trouver combien une des lignes CD eft oblique par rapport à l'autre AB, nous n'avons qu'à faire cette fimple analogie; le nombre conftant 6876 eft à la différence en longitude en minutes, comme le Sinus de la latitude du départ eft à la Tangente de l'obliquité des deux lignes AB & CD.

201. On trouvera dans cet exemple que l'obliquité eft de 1 deg. 58 min. mais fi la différence en longitude étoit de 25 deg. ou de 1500 min. on trouveroit que les lignes AB & CD qui repréfentent les Méridiens, devroient avoir entr'elles une obliquité de 10 deg. 46 min. Ainfi felon ce que nous avons dit à la fin du Chapitre précédent*, il faudroit fuivre l'E 10 deg. 46 min. N, pour changer de 25 deg. de longitude par le plus court chemin, lorfqu'on part de 60 deg. 45 min. de latitude Nord. C'eft là une folution approchée d'un Problême qu'il feroit affez difficile de réfoudre d'une maniére plus fimple.

* N°. 149.

V I.

Solution du fixiéme Problême.

202. *Exemple.* On eft parti de 60 deg. 45 min. latitude Nord & de 15 deg. de longitude ; on a couru 100 li.

entre le Nord & l'Eſt juſques par 19 deg. 30 min. de longitude. On demande la latitude d'arrivée & le rumb de vent qu'on a ſuivi.

203. On cherchera la longueur de *A C* (*Fig.* 77.) comme dans le Problême précédent, en réduiſant les lieues majeures en lieues mineures ſur le parallele de la latitude du départ 60 deg. 45 min. on trouvera que *A C* eſt preſque de 44 lieues. On ſe ſervira enſuite de l'analogie; 6876 eſt au Sinus de la latitude, comme les minutes de différence en longitude ſont à la Tangente de l'angle *D C d*, ou de l'obliquité des Méridiens *A B* & *C D*, l'un par rapport à l'autre, laquelle ſera de 1^{d}. 58 min. On connoîtra enſuite dans le triangle *A C E* l'angle *C* qui eſt le complément de l'angle *D C d*, & les deux côtés *A E* & *A C*; ce qui mettra en état de réſoudre ce triangle. Nous diſons que l'angle *A C E* eſt le complément de l'angle *D C d*, parce que nous augmentons en latitude; mais ſi nous diminuions, il faudroit ajouter l'angle *D C d* à 90 degrez. Fig. 77.

204. On fera après cela cette analogie; les lieues de diſtance *A E*, qui ſont de 100 dans cet exemple, ſont au Sinus de l'angle *A C E* qui lui eſt oppoſé, & qui eſt de 88 deg. 2 min. comme *A C* qui eſt de 43.98 lieues, eſt au Sinus de l'angle *E* qui ſe trouve d'environ $26^{d}. 4\frac{1}{2}^{m}$. & ſi on en ôte 1 deg. 58 min. pour l'obliquité de *C D*, il reſtera 24 deg. 6 min. pour l'angle du rumb de vent. Ainſi on a couru au N N E 1 deg. 36 min. E.

205. Enfin connoiſſant le rumb de vent qu'on vient de découvrir, & les lieues de diſtance qui ſont données, il ne reſtera plus qu'une analogie à faire pour avoir les lieues Nord. On les trouvera de 91.28 ou de preſque $91\frac{1}{3}$, qui valent 4 deg. 34 min. de différence en latitude, & qui donnent 65 deg. 19 min. pour la latitude d'arrivée.



CHAPITRE III.

Méthode de résoudre les Problêmes de Navigation par l'Echelle des Logarithmes, nommée vulgairement Echelle Angloise.

206. LES analogies ou proportions que nous venons d'employer, servent aussi lorsqu'on veut résoudre les Problêmes de Navigation par l'échelle des Logarithmes dont nous avons déja eu occasion de parler. Nous avons mis ces échelles au bas d'une Carte dont il est facile de les détacher, comme nous avons eu soin d'en avertir. Nous en donnerons l'usage après avoir expliqué leur construction.

I.

Construction des Echelles des Logarithmes.

207. On met ordinairement trois de ces échelles l'une au-dessus de l'autre; on les fait exactement de même longueur, & on les rend paralleles. La premiere exprime par ses divisions les Logarithmes des nombres absolus; c'est sur cette échelle qu'on prend le nombre des lieues de distance ou des milles de la marche du Navire, & toutes les autres mesures dont on se sert pour déterminer la longueur des côtés des triangles-rectilignes. Au-dessous de cette échelle on en met une autre qui est formée des Logarithmes-Sinus, de degré en degré jusqu'à 90; & plus bas on met la troisiéme échelle qui contient les Logarithmes-Tangentes jusqu'à 45 degrez. On ne prolonge pas celle-ci plus loin, afin qu'elle soit de même longueur que celle des Sinus; & quant à la premiere ou celle des nom-

bres abſolus, on ſe contente de la marquer juſqu'à 100.

208. La conſtruction de ces échelles ſe réduit preſque à ce que nous avons dit dans le premier Livre, en parlant en général de la conſtruction des échelles. On tire à part une ligne droite, préciſément de la longueur qu'on veut donner aux échelles, & on la diviſe en 20 parties égales, qu'on fait valoir chacune 100. On ſçait aſſez qu'il n'eſt pas néceſſaire pour cela de partager chacune de ces 20 parties en 100; il ſuffit d'en diviſer une; & même au lieu de la diviſer réellement, on ſe contente de la partager en 10 parties égales, & une de ces parties en 10. On pourroit faire, pour plus de préciſion une échelle de dixme; mais on pourra s'en diſpenſer, & diviſer ſimplement la ligne en parties égales, comme nous le diſons : cette premiere ligne, malgré ſes diviſions & ſubdiviſions, ne ſert qu'à la conſtruction des trois échelles; & c'eſt pour cette raiſon que nous avertiſſons qu'il faut la tracer à part. On la fera ſur une feuille de carton, ou ſur une table; on numérotera ſes vingt parties, en écrivant à la fin de chacune 100, 200, 300, &c. juſqu'à 2000.

209. On s'arrête à cette diviſion de 2000 parties, parce que le log. de 100 s'y réduit aiſément. Le log. de ce nombre eſt 2 . 0000000. On ſçait que la caractériſtique eſt conſidérée comme ſi elle n'étoit pas ſéparée par un point. D'un autre côté on peut diminuer tous les logarithmes; & pourvû qu'on les diminue tous dans le même rapport, ils conſerveront toujours leur même propriété. Nous retrancherons donc quatre figures à droite des logarithmes des nombres que nous fournit la Table qui eſt à la fin du premier Livre; & nous pourrons enſuite prendre leur longueur avec un Compas juſqu'à 100, ſur notre ligne droite diviſée en 2000 parties. Le logarithme de l'unité eſt zéro, c'eſt pourquoi nous marquerons l'unité au commencement de l'échelle des logarithmes des nombres. Le log. de 2 eſt 0 . 3010300, qui ſe réduit à 301, en ſéparant les quatre derniéres figures. Ainſi il faudra prendre 301 avec

un Compas fur la ligne des parties égales, & portant cet intervalle fur l'échelle des log. depuis le commencement, on aura le point de 2. On trouvera le point de 3, en prenant 477 parties; on marquera 4 en prenant 602 parties, & ainfi de fuite jufqu'à 100 dont le log. eft de 2000, par le retranchement des quatre dernieres figures.

210. Le point de 10 tombera au milieu de la longueur de l'échelle : car fon log. eft 1.0000000, qui fe réduit à 1000, lorfqu'on fupprime le point & qu'on efface les quatre derniers zéro. On abrégera une partie du travail pour les autres nombres, fi on fait attention à la propriété qu'ont les logarithmes d'avoir entre eux les mêmes différences, lorfqu'ils font les logarithmes de nombres qui ont entre eux les mêmes rapports. Ainfi lorfqu'on a marqué 9 & 10, on n'aura qu'à prendre l'intervalle entre les deux points, & on aura celui qu'on doit mettre entre 90 & 100. On peut par la même raifon prendre les intervalles entre 1 & 2, entre 2 & 3, &c. & on aura les intervalles qu'on doit mettre entre 10 & 20, entre 20 & 30, &c.

211. On peut encore fe fervir d'une autre propriété des logarithmes pour achever plus promptement l'échelle des nombres abfolus. Lorfqu'un nombre eft le produit de deux autres, il n'y a qu'à prendre fur l'échelle avec un Compas les logarithmes d'un de ces derniers nombres, & fi on l'ajoute au logarithme de l'autre, ou fi on le met à l'extrémité, on aura le point où on doit marquer le produit. Si on prend, par exemple, la diftance depuis le commencement de l'échelle jufqu'à 8, & qu'on joigne cet intervalle à celui qui exprime le log. de 9, il viendra le point où il faut marquer 72.

212. La conftruction des deux autres échelles ne fera guère plus difficile; elle fera feulement un peu plus longue, parce qu'on ne peut pas fe fervir des abrégés dont nous venons de faire mention. On cherchera dans les Tables les logarithmes-finus ou logarithmes-tangentes; mais pour réduire celui du finus total, ou celui de la tangente

gente de 45 degrez aux 2000 parties qu'ils doivent avoir, il ne suffira pas de retrancher quatre figures à droite, il faudra encore soustraire le nombre 8 de la caractéristique. Ainsi, pour marquer, par exemple, 15 degrez sur l'échelle des logarithmes-sinus, on cherchera dans les Tables son logarithme-sinus, qui est 9.4129962, & qui se réduira à 1413, en y faisant les changemens que nous indiquons. C'est pourquoi il faudra prendre 1413 sur la ligne divisée en 2000 parties égales, & transportant l'intervalle sur l'échelle destinée à marquer les logarithmes-sinus, on aura le point de 15 degrez.

213. Si on veut pareillement marquer sur la troisiéme échelle, ou sur l'échelle des tangentes, le point de 35 degrez; on supprimera les quatre derniers chiffres du logarithme-tangente 9.8452268, & on soustraira 8 de sa caractéristique. Il viendra 1845 parties, qu'il faudra prendre avec un Compas sur la ligne divisée en parties égales, & portant cet intervalle sur l'échelle des logarithmes-tangentes, on aura le point de 35 degrez. La diminution qu'on fait à la caractéristique des logarithmes-sinus & logarithmes-tangentes, est équivalente à une division; mais le changement étant absolument le même sur toutes ces quantités, c'est comme si on réduisoit les sinus & les tangentes à de moindres nombres.

II.

Usage de l'Echelle des Logarithmes pour résoudre les Problêmes de Navigation.

214. Lorsqu'on se sert des logarithmes pour faire une Regle de Trois ou proportion, on met précisément la même différence entre les logarithmes des deux derniers termes, qu'entre les logarithmes des deux premiers. Il faut faire la même chose lorsqu'on travaille sur l'échelle des logarithmes, & l'opération est extrêmement aisée. On

ouvre un Compas commun depuis le premier terme juſqu'au ſecond, on le porte enſuite ſur le troiſiéme terme, & l'autre pointe du Compas marque le quatriéme terme. Il faut ſeulement avoir ſoin d'éviter les analogies dans leſquelles les ſécantes ſont employées, & faire auſſi en ſorte que les tangentes dont on ſe ſert, appartiennent à des angles moindres que 45 degrez.

Solution du premier Problême.

215. Nous prendrons pour exemple la premiere regle compoſée dont il a été queſtion ci-devant au N°. 101. On diſpoſera les articles comme ſi l'on travailloit par le Quartier de réduction. La troiſiéme route eſt de 80 li. à l'E $\frac{1}{4}$ S E. Ce rumb de vent qui eſt corrigé de la variation, vaut 78 deg. 45 min. & ſon complément eſt de 11 deg. 15 min. Je mets en même tems une des pointes du compas ſur le ſinus total, ou ſur 90 deg. pris ſur l'échelle des logarithmes-ſinus, & l'autre pointe ſur 80 lieues comptées ſur l'échelle des nombres qui eſt au-deſſus. Le compas ſe trouvera avoir une ſituation oblique dans cette premiere partie de l'opération; mais il n'en réſultera aucun inconvénient, parce que l'obliquité ſera la même dans le reſte. Sans changer l'ouverture du compas, je porte ſa premiere pointe ſur les 78 deg. 45 min. de l'angle du rumb de vent, & l'autre pointe me marque ſur les nombres 78 $\frac{1}{2}$ lieues mineures Eſt; je tranſporte enſuite le compas ſur les 11 deg. 15 min. du complément du rumb de vent, & je trouve ſur les nombres 15 $\frac{3}{4}$ lieues Sud. Il faut remarquer qu'on mettra moins de tems à faire cette opération, que nous n'en employons à l'expliquer. Elle eſt fondée ſur ces deux analogies: Le ſinus total eſt aux lieues de diſtance, comme le ſinus du rumb de vent eſt aux lieues mineures, & comme le ſinus complément du rumb de vent eſt aux lieues de différence en latitude.

216. La ſeconde route eſt de 230 lieues à l'O N O,

qui vaut 67 deg. 30 min. & dont le complément eſt de 22 deg. 30 min. L'échelle des nombres ne paroît aller que juſqu'à 100; mais ces 100 on peut les faire valoir 1000, & même 10000, en leur ajoutant par la penſée un ou deux zéro, & il ſuffira de faire la même choſe à tous les autres nombres. Ainſi nous prendrons ſur la premiere des trois échelles 20 pour 200, & 30 pour 300; & par conſéquent le point qui marque ordinairement 23, ſera celui dont nous nous ſervirons, il marquera 230. Cela ſuppoſé, j'ouvre le compas depuis 90 degrez juſqu'au point de 230 lieues, & je tranſporte ſucceſſivement le compas ſur le complément du rumb de vent 22 deg. 30 min. & ſur le rumb de vent 67 deg. 30 min. Je trouve ſur l'échelle des nombres $88\frac{1}{2}$ lieues & 212; les $88\frac{1}{2}$ lieues ſont pour la différence en latitude, & les 212 ſont les lieues à l'Oueſt.

217. On fera la même choſe pour les autres routes; une ſeule ouverture de compas ſuffira toujours pour chacune. On cherchera enſuite le réſultat des lieues Nord ou Sud, & des lieues Eſt ou Oueſt. On ſera en état après cela de déterminer le rumb de vent en droite route, & les lieues de diſtance, de la maniere dont nous l'expliquerons en traitant du quatriéme Problême (N°. 224 & 225.) Mais ce qui eſt indiſpenſable ici, c'eſt de réduire les lieues mineures en lieues majeures : on fera cette analogie; le ſinus complément du moyen parallele eſt aux lieues mineures, comme le ſinus total eſt aux lieues majeures. Le moyen parallele eſt ici de 48 deg. 53 min. ſon complément eſt de 42 deg. 7 min. & les lieues mineures ſont de 78. On prendra donc avec un compas l'intervalle entre 42 deg. 7 min. ſur les ſinus, & 78 lieues ſur les nombres; & tranſportant cette ouverture de compas depuis le ſinus total, on aura 119 pour les lieues majeures.

218. *Exemple du ſecond Problême.* On eſt parti de 50 deg. 30 min. de latitude Nord, & de 1 deg. de lon-

gitude. On a couru au SE 3 deg. E, jusques par 49 deg. 10 min. de latitude aussi Nord. On demande les lieues de distance & la longitude d'arrivée ?

219. Il faut faire ces deux proportions; le sinus du complément du rumb de vent est aux lieues de différence en latitude, comme le sinus total est aux lieues de distance, & comme le sinus du rumb de vent est aux lieues mineures. Ainsi nous n'avons qu'à mettre une des pointes du compas sur le complément 42 degrez du rumb de vent, & l'autre sur les lieues de différence en latitude, qui sont de $26\frac{2}{3}$. Transportant ensuite le compas sur le sinus total, on aura sur les nombres les lieues de distance 40; & si on transporte la même ouverture de compas sur le rumb de vent 48 degrez, on aura les lieues mineures $29\frac{3}{4}$.

220. On fera, comme ci-dessus, la réduction des lieues mineures en lieues majeures. On ouvrira le compas depuis 40 deg. 10 min. complément du moyen parallele, jusqu'à $29\frac{3}{4}$ lieues mineures; & le portant sur le sinus total, on aura sur les nombres $46\frac{1}{3}$ lieues majeures.

221. *Exemple du troisiéme Problême.* On est parti de 50 deg. 30 min. de latitude Nord, & de 35 deg. 10 min. de longitude. On a couru 45 lieues entre le Sud & l'Est, & on s'est trouvé par 49 deg. 0 min. de latitude aussi Nord. On demande le rumb de vent qu'on a suivi, & la longitude d'arrivée ?

222. La différence en latitude est de 1 deg. 30 min. ou de 30 lieues: je prends avec un compas l'intervalle entre 45 lieues de distance & le sinus total, & portant ensuite la pointe gauche sur les 30 lieues de différence en latitude, la pointe droite me donnera 42 deg. pour le complément du rumb de vent. Je porte tout de suite le compas sur l'angle du rumb de vent 48, & je trouve les lieues mineures $33\frac{1}{2}$, qu'il faudra réduire en lieues majeures de la maniere dont nous l'avons déja expliqué.

223. *Exemple du quatriéme Problême.* On est parti de

40 deg. 45 min. latitude Nord, & de 354 deg. de longitude, & on eſt arrivé par 43 deg. 15 min. de latitude auſſi Nord, & par 356 degrez 15 min. de longitude. On demande le rumb de vent & les lieues de diſtance?

224. La différence en longitude étant de 2 deg. 15 min. les lieues majeures ſont de 45, qu'il faut réduire en lieues mineures, ſur le moyen parallele 42 degrez. On ſe ſervira pour cela de la proportion dont nous avons fait uſage tant de fois; le ſinus total eſt aux lieues majeures, comme le ſinus complément du moyen parallele eſt aux lieues mineures. Ainſi nous n'avons qu'à mettre une des pointes du compas ſur 90 degrez, & l'autre ſur 45 lieues; & tranſportant le compas ſur le complément 48 degrez du moyen parallele, l'autre pointe nous marquera ſur les nombres $33\frac{1}{2}$ pour les lieues mineures.

225. Ces dernieres lieues étant trouvées, elles ſerviront, avec la différence en latitude, à déterminer l'angle du rumb de vent. On cherchera la tangente de cet angle, ou celle de ſon complément, ſelon qu'il ſera plus petit ou plus grand que 45 degrez; & il n'y aura pour cela qu'à prendre toujours pour ſinus total le plus grand des deux côtés, ou des lieues Nord, ou des lieues mineures. Dans le cas preſent la différence en latitude eſt de 50 lieues, & elle forme le plus grand des deux côtés. C'eſt pourquoi je fais cette proportion: les lieues Nord 50 ſont au ſinus total, que je prends à 45 degrez ſur l'échelle des tangentes, comme les lieues mineures $33\frac{1}{2}$ ſont à la tangente du rumb de vent qui ſe trouve de 33 deg. 45 minutes. Il faut remarquer que je prends le ſinus total à l'extrémité de l'échelle des tangentes, afin que le compas ſoit dans une ſituation également oblique dans les deux parties de l'opération. L'angle du rumb de vent étant de 33 deg. 45 min. & la route ayant été faite entre le Nord & l'Eſt, on a couru exactement au N E $\frac{1}{4}$ N.

226. Il ne reſtera plus qu'à découvrir les lieues de diſtance. On mettra une des pointes du compas ſur le ſinus

du rumb de vent, & l'autre ſur les lieues mineures, ou bien on mettra la premiere pointe ſur le ſinus complément 56 deg. 15 min. & la ſeconde ſur les lieues mineures $33\frac{1}{2}$; & tranſportant le compas dans la même ſituation ſur le ſinus total, l'autre pointe marquera ſur les nombres 60 lieues de diſtance.

Remarques ſur l'uſage des Echelles des Logarithmes.

227. Quoique les pratiques précédentes ſoient très-courtes, on les abrégera encore un peu, par la forme qu'on peut donner aux échelles. On les met quelquefois ſur des regles dont on peut ſe ſervir ſans compas. On trace l'échelle des nombres ſur une regle, qu'on fait gliſſer dans une couliſſe entre deux autres regles, ſur leſquelles ſont gravées les échelles des logarithmes-ſinus & des logarithmes-tangentes. On retire enſuite ſimplement ou on avance la regle des nombres, qui eſt celle du milieu, en faiſant répondre les lieues de diſtance au ſinus total, & on trouve les lieues mineures vis-à-vis de l'angle du rumb de vent pris ſur les ſinus, pendant que les lieues de différence en latitude ſe trouvent vis-à-vis du complément du rumb de vent.

228. Il m'étoit venu en penſée, il y a plus de 30 ans, pendant que j'étois au Croiſic, de plier ces échelles en arc de cercle, d'en décrire une ſur la circonférence d'un morceau de parchemin ou de carton taillé en rond, qui tournoit ſur une autre feuille où j'avois tracé l'échelle des ſinus-logarithmes. J'avois donné à cet inſtrument le nom de *Logampyle*, & l'uſage en étoit extrêmement facile. Cependant il faut avouer que les échelles des Logarithmes, de quelque maniere qu'on les diſpoſe, ſont ſujettes à une eſpéce de défaut qui eſt conſidérable. Les lieues de diſtance, les lieues mineures & les lieues de différence en latitude ſe trouvent étendues ſur la même ligne droite, ou

ſur le même arc de cercle, elles ſont comme confondues enſemble ; ce qui rend plus fréquentes ou plus poſſibles les mépriſes, dans une matiere où elles ne ſont pas tolérables. Lorſqu'on donne au contraire la préférence au Quartier de réduction, chaque quantité ſe trouve à ſa juſte place, & toutes les opérations parlent, pour ainſi dire, aux yeux. Il faut encore compter pour beaucoup, que ſi l'inſtrument eſt groſſiérement fait, on s'en apperçoit tout d'un coup & preſque ſans examen.

CHAPITRE IV.

De la Conſtruction des Tables des Latitudes croiſſantes, & de la maniére de s'en ſervir pour réſoudre les Problêmes de Navigation.

229. Les Méthodes précédentes de naviguer ſont ſuffiſamment exactes dans la pratique, pourvû qu'on ait ſoin, comme nous en avons expreſſément averti, de réduire ſes routes chaque jour, & qu'on ne faſſe jamais ces prétendues réductions générales auxquelles on a quelquefois recours, faute de connoître toute la limitation des regles ordinaires. Lorſque les routes ſont très-courtes, ou pour parler plus exactement, lorſque le changement en latitude eſt médiocre, quoique la route puiſſe être très-longue, la ſuppoſition qu'on fait que les lieues mineures ont été courues ſur un parallele qui tient préciſément le milieu entre les deux latitudes, n'eſt ſujette à aucune erreur ſenſible. Mais ſi la différence en latitude eſt fort grande, & qu'on ait en même tems beaucoup de lieues mineures à réduire, le défaut du moyen parallele peut devenir conſidérable. Ainſi pour perfectionner l'art, & avoir un terme

de comparaiſon auquel on puiſſe recourir dans les rencontres extraordinaires, on a beſoin de quelqu'autre Méthode plus exacte.

I.

Trouver la différence en longitude avec exactitude pour les plus longues Routes, principalement pour celles qui ſont un angle de 45 degrez avec le Méridien.

230. L'unique expédient qui ſe préſente pour éviter le défaut du moyen parallele, conſiſté à partager la route en de très-petites portions, & à en faire la réduction ſéparément. On peut rendre les parties plus ou moins petites; mais il eſt certain que ſi on a couru au NE, & qu'on conſidére à part chaque portion de la route qui répond à une minute de différence en latitude, on pourra traiter à tous égards le petit triangle loxodromique comme parfaitement rectiligne. On n'aura auſſi aucune erreur à craindre de la part du moyen parallele; puiſqu'il ſeroit même indifférent de faire alors la réduction pour la longitude ſur le parallele de la latitude du départ, ou ſur celui de la latitude d'arrivée de la petite portion de route. Cette méthode eſt extrêmement longue; mais outre qu'on peut l'abréger, il ſuffit de l'appliquer en particulier à une ſeule loxodromie comme celle du NE.

231. Lorſque deux routes ſont compriſes entre les mêmes latitudes, les différences en longitude qu'elles produiſent, ſont exactement comme les Tangentes de leurs obliquités ou des angles qu'elles ſont avec le Méridien. C'eſt ce qu'on appercevra aiſément par un peu d'attention. La différence en latitude étant la même pour les deux routes, les lieues mineures ſeront comme les Tangentes des deux angles de rumbs de vent; & lorſqu'on réduira ces lieues mineures en lieues majeures, le moyen parallele,

parallele, quel qu'il ſoit, étant exactement le même, les deux différences en longitude ſeront encore dans le même rapport, elles ſeront toujours l'une à l'autre comme les Tangentes des deux rumbs de vent. C'eſt ce qu'on voit également en diviſant les routes par petites portions. Les petites parties correſpondantes qui ſeront compriſes entre les mêmes paralleles à l'Equateur, produiront de petites différences en longitude proportionnelles aux Tangentes des obliquités des rumbs de vent. Ainſi il ſuffit de calculer une fois pour toutes, les différences en longitude pour une ſeule loxodromie, pour le N E, par exemple; & ſi on en compoſe une Table, on la fera ſervir pour les autres rumbs de vent, en ne faiſant qu'une ſimple proportion. La Tangente de 45 degrez eſt à la longitude que fournit la Table pour le N E, comme la Tangente de l'obliquité de tout autre rumb de vent ſera à la différence en longitude requiſe.

232. Il ne s'agit donc que de calculer immédiatement les différences en longitude pour le N E. Si *A I* (*Fig.* 53.) repréſente cette route, & qu'on la ſuppoſe diviſée réellement en petites portions qui répondent à chaque minute de différence en latitude, toutes les parties *A F*, *F G*, *G H*, &c. de la loxodromie, ſeront égales entr'elles, & toutes les petites quantités *L F*, *M G*, *N H*, &c. avancées vers l'Eſt, ſeront chacune d'un mille ou d'un tiers de lieue. Quant aux petites différences en longitude correſpondantes, elles augmenteront à meſure qu'on avancera vers le Pole: elles deviendront plus grandes dans le même rapport que le Sinus total ſera plus grand que le Sinus complément de la latitude, ou que la Sécante de la latitude ſera plus grande que le Sinus total. Les petits côtés *L F*, *M G*, *N H*, &c. qui repréſentent les lieues mineures, étant exactement d'un mille ou d'un tiers de lieue, nous ferons cette analogie; le Sinus total eſt à un mille comme la Sécante de chaque latitude ſera à la petite différence en longitude, ou au petit arc de l'Equateur correſpondant.

233. Il suit de-là que nous n'avons qu'à prendre successivement dans les Tables des Sinus, toutes les Sécantes de minute en minute, & les ajouter ensemble; & que si nous retranchons 5 figures à la droite, celles de la gauche nous donneront les différences en longitude, exprimées en minutes pour le N E. C'est de cette sorte qu'on a calculé la Table que nous insérerons à la fin de ce Chapitre. Si on y cherche vis-à-vis de 62 deg. 0 min. on trouvera 4775 parties ou minutes, parce que la somme de toutes les Sécantes de minute en minute donne 4775 milles majeurs ou minutes pour la différence en longitude totale, lorsqu'on part de l'Equateur, & qu'on court au N E jusques par 62 deg. de latitude. Si après qu'on a trouvé la différence en longitude pour 62 deg. de latitude, on veut trouver de combien elle augmente lorsqu'on continue à courir au N E jusques par 62 deg. 10 min. il n'y a qu'à ajouter les dix Sécantes suivantes, & retrancher toujours cinq figures à la droite pour tenir lieu de la division par 100000; il viendra $21\frac{1}{3}$ minutes, ou plutôt 21.35316 pour l'augmentation, & on aura 4796 minutes, valeur de 79 deg. 56 min. pour la différence en longitude totale.

234. La Table qui indique ces quantités, porte le nom de *Table des Latitudes croissantes*, parce qu'elle marque en même tems les accroissemens qu'on doit donner aux degrez du Méridien dans les Cartes réduites. On peut se ressouvenir que nous suivions précisément en effet la même méthode dans le second Livre * pour les déterminer. Ce sont deux différentes vûes qu'on peut avoir en faisant la même opération : on peut en cherchant la somme de toutes les Sécantes dont on retranche cinq figures, se proposer de découvrir les différences en longitude exprimées en minutes pour le N E; ou bien vouloir trouver l'extension qu'il faut donner aux parties du Méridien dans les Cartes Marines. Plusieurs Auteurs & principalement Snellius, ne s'occupérent que du premier de ces objets sans jamais penser au second qui en étoit néanmoins si

* Voyez N°. 112. & suiv.

voisin : ils ne firent pas cette remarque qui nous paroît maintenant si simple, qu'aussi-tôt qu'on veut représenter les rumbs de vent par des lignes droites sur les Cartes, il faut donner aux parties du Méridien des longueurs exactement égales aux changemens de longitude produits par le NE.

II.

Seconde Méthode de calculer les différences en longitude pour les Rumbs de vent, dont l'obliquité est de 45 degrez.

235. Nous avons une autre méthode beaucoup plus courte pour trouver les différences en longitude pour le NE; mais dont il sera d'un autre côté beaucoup plus difficile d'appercevoir la raison. On prendra dans les Tables des Logarithmes-Sinus & Tangentes dont la caractéristique est suivie de sept figures, les Tangentes logarithmiques qui répondent à la moitié de la distance de chaque latitude à un des Poles; on prendra toujours la différence de ces Logarithmes, & la divisant par le nombre constant $1263\frac{1}{3}$, on aura au quotient la différence en longitude requise exprimée en minutes.

236. *Premier Exemple.* Supposons qu'on soit parti de l'Equateur, & qu'en courant au NE, on soit arrivé par 62 degrez de latitude. L'Equateur & le parallele de l'arrivée sont éloignés du Pole du Nord, de 90 degrez & de 28; la moitié de ces distances est 45 deg. & 14. J'en cherche les Logarith. Tang. 10.0000000, & 9.3967711, & divisant leur différence par $1263\frac{1}{3}$, il me vient 4775 minutes pour la différence en longitude; ce qui s'accorde parfaitement avec la Table des latitudes croissantes.

237. *Second Exemple.* On part de 30 degrez de latitude Sud, on court au NE jusques par 70 degrez de latitude Nord; & on demande la différence en longitude. On n'a qu'à prendre la distance des deux paralleles jusqu'à l'un ou



l'autre Pole. Les deux diſtances au Pole du Nord ſont de 120 & de 20 deg. dont les moitiés ſont de 60 degrez & de 10. J'en cherche les Log. Tang. & diviſant leur différence 9922418 par $1263\frac{1}{3}$, il me vient 7854 minutes pour la différence en longitude, qu'on trouve auſſi la même dans la Table des Latitudes croiſſantes, en ajoutant 1888 min. qui eſt la différence en longitude qui répond à 30 deg. avec 5966 qui répond à 70 deg.

Démonſtration de la Méthode précédente de calculer les différences en longitude.

Fig. 78. 238. Pour démontrer l'éxactitude de cette Méthode, nous ſuppoſerons que la ligne courbe *AFGH* (*Fig.* 78.) repréſente la loxodromie dont l'obliquité eſt de 45 deg. ſur le Globe *NASE*; & qu'à peu près de la même maniére qu'on a repréſenté les deux moitiés du Ciel ſur le plan de l'Equateur, dans les deux Cartes céleſtes qu'on a vûes, on ſe propoſe auſſi de repréſenter toute la ſurface de la Terre ſur le plan de l'Equateur *ABDE*. Nous ſuppoſerons d'abord l'œil du Spectateur dans le Pole *S*. Alors les quarts de Méridien *AN*, *BN*, &c. ſeront repréſentés par les rayons *AC*, *BC*, &c. de l'Equateur; les paralleles à l'Equateur le ſeront par des cercles qui auront le point *C* pour centre, & la loxodromie *AFH* le ſera par la ligne courbe *AMNR*.

239. Les deux Méridiens *NBS* & *NDS* étant infiniment voiſins l'un de l'autre, la petite portion *FG* de la loxodromie doit être conſidérée comme une ligne droite, de même que la petite différence en latitude *FI* qui y répond, & le petit côté *IG* qui eſt une portion du parallele à l'Equateur, dont le centre eſt en *K*, & dont *IK* & *GK* ſont deux rayons. Si des trois points *F*, *I* & *G*, on tire trois lignes droites au Pole *S*, leur rencontre avec le plan de l'Equateur, nous donnera le petit triangle *MPN*, qui repréſentera le petit triangle loxodromique *FIG*. Le

petit côté PN ſera une petite portion d'arc de cercle, Fig. 78.
dont le centre eſt en C; de ſorte que PC & NC ſont égaux. D'un autre côté les lignes MC & NC étant perpendiculaires à CS, qui eſt un des rayons du Globe, ces lignes ſont égales aux Tangentes des angles en S; c'eſt-à-dire que MC eſt la Tangente de l'angle MSC qui a pour meſure la moitié de la diſtance du point F au Pole N du Nord, comme le ſçavent les Lecteurs qui ſont initiés dans la Géométrie élémentaire ; & on peut dire la même choſe de PC ou de NC. De ſorte que tous les points F, I, G, &c. de la ſurface du Globe, ſont repréſentés ſur le plan de l'Equateur par des points M, P, N, &c. qui ſont éloignés du centre C de la Sphère, de diſtances égales aux Tangentes de la moitié du complément des latitudes.

240. Nous imaginerons après cela une infinité d'autres Méridiens qui partagent l'Equateur en petites parties égales à BD. La loxodromie ſe trouvera diviſée en même tems, en autant de petites parties, mais qui ſeront inégales entr'elles, & qui iront en diminuant, à meſure qu'on conſidérera des points de la ligne courbe plus avancés vers le Pole. Le rayon BC ou RD de l'Equateur, ſera au petit arc BD, comme le Sinus complément IK ou GK de la latitude du point G ſera au petit eſpace IG qui tient lieu de milles mineurs de la petite portion de route FG, & qui eſt égal à FI, puiſque notre loxodromie eſt le N E. Ainſi dans la ſuppoſition que nous venons de faire de la circonférence de l'Equateur diviſée en petites parties parfaitement égales entr'elles, il y a un rapport conſtant des Sinus de complémens IK de chaque latitude aux petites différences en latitude FI. Ce rapport eſt continuellement le même ; puiſqu'il eſt égal à celui du rayon ou Sinus total à chacune des petites parties égales BD de l'Equateur.

241. La ſeconde des trois lignes droites que nous avons tirées des points F, I & G au Pole S, coupera au-dedans du Globe au point O, le Sinus FL qui eſt parallele

Fig. 78. à IK; & nous aurons le petit triangle IFO qui sera isocelle. Il suffit, pour s'en assurer, de faire attention que le petit arc FI peut être considéré comme une portion de la Tangente qui toucheroit le Globe ou le Méridien en F ou en I. Il s'ensuivra de-là que dans le petit triangle IFO, l'angle en I a pour mesure la moitié de l'arc IBS. Mais l'angle en O a pour mesure la moitié d'un arc égal, sçavoir de l'arc Si, qui est de l'autre côté de la Terre : car dans la rigueur l'angle O a pour mesure la moitié de Sf moins la moitié de FI. Mais on peut sur la grandeur de l'arc Si négliger if & IF, qui sont infiniment petits.

242. Ainsi le petit triangle IFO est isocelle ; le petit côté OF est égal à FI ; & puisqu'il y a un rapport constant entre les Sinus IK & les petits arcs FI, il y aura aussi un rapport constant entre ces Sinus & FO. Ce même rapport subsiste entre FL & FO ; car on peut négliger la différence infiniment petite qui se trouve entre IK & FL ; & ce même rapport doit encore se trouver entre MC & MP. Nous voyons donc que lorsqu'on divise l'Equateur en une infinité de parties égales, les Tangentes de la moitié du complément des latitudes de tous les points correspondans de la loxodromie, vont continuellement en diminuant en progression géométrique vers les Poles : chacune de ces Tangentes, comme MC, est à son excès MP sur la Tangente suivante NC, dans le même rapport que le rayon est à une des petites parties BD de l'Equateur.

243. On peut tirer différentes conséquences de cette remarque ; mais nous nous contenterons de tirer celle-ci. Si l'on prend les Logar. des Tang. de la moitié des complémens des latitudes des points F, G, &c. de la loxodromie, les différences de ces Logarithmes seront exactement égales entr'elles, à cause de la propriété des Logarithmes ; & on pourra comparer ces différences aux petits arcs BD de l'Equateur, qui sont aussi égaux entr'eux. On peut prendre même un certain nombre de ces différen-

ces logarithmiques pour en former des différences plus grandes, & pourvû qu'on prenne le même nombre de petits arcs de l'Equateur, le rapport subsistera toujours. Or comme ce raisonnement est le même pour toutes les parties de la loxodromie, nous reconnoissons cette vérité importante; que si on considére deux points dans cette ligne courbe, & que si on prend les Tangentes-Logarithmes de la moitié de la distance de ces deux points au Pole, il y aura même rapport de la différence de ces deux Logarithmes à l'arc de l'Equateur correspondant, ou à la différence en longitude, que de toute autre différence des Log. Tangentes à la différence en longitude correspondante. Fig. 78.

244. Nous pouvons maintenant appercevoir avec facilité la raison sur laquelle est fondée la régle prescrite ci-devant. Si l'on part de l'Equateur, & qu'en courant au N E, on parvienne par une minute de latitude, on n'aura avancé à l'Est qu'un tiers de lieue ou un mille; & ce progrès à l'Est produira une minute de changement en longitude, parce qu'on est encore, pour ainsi dire, sur l'Equateur. Or si l'on prend les Logarithmes-Tangentes des moitiés des deux distances au Pole, sçavoir, de 45^{d}. & de 44^{d}. 59$\frac{1}{2}$^{m}. on trouvera pour leur différence 1263$\frac{1}{3}$; & puisqu'il y aura même rapport à l'égard de toutes les autres parties de la loxodromie, on n'aura qu'à faire la Régle de Trois suivante: 1263$\frac{1}{3}$ est au petit arc de l'Equateur, d'une minute, comme la différence des Tangentes logarithmiques de la moitié des distances de deux autres points quelconques de la loxodromie au Pole, sera aux minutes de différence en longitude entre ces deux points.

245. Une remarque qui se présente ici, & qui paroîtra curieuse, c'est que si sur l'échelle des Logarithmes-Tangentes, on change l'ordre des chiffres, & qu'après avoir écrit zéro au point de 45 deg. on mette 5 deg. à la place de 42$\frac{1}{2}$ deg. qu'on écrive 10 deg. à la place de 40 deg. 15 deg. à la place de 37$\frac{1}{2}$, &c. l'échelle des Logarithmes-

Fig. 78. Tangentes se trouvera convertie en échelle des latitudes croissantes, propre à servir de Méridien à une Carte réduite. On ne doit jamais oublier que les parties de cette derniére échelle expriment les longitudes par rapport aux latitudes pour le N E. Or lorsqu'après avoir écrit zéro à la place de 45 degrez sur l'échelle des Log. Tang. on met 5 degrez à la place de 42½ deg. & 10 à la place de 40, &c. on rend les différences en longitude proportionelles aux différences des Log. Tang. des moitiés des distances de chaque point de la loxodromie au Pole. En effet 45 deg. est la moitié du complément de la latitude *zéro*, & 40 est la moitié du complément de la latitude 10 deg. C'est pourquoi on marque zéro & 10 aux points de 45 & de 40.

246. Lorsqu'on transforme ainsi l'échelle des Logarith. Tangentes en échelle des latitudes croissantes, les degrez de l'Equateur doivent toujours être égaux, comme il est évident, au premier degré du Méridien; mais comme la moindre erreur pourroit se multiplier, si l'on se régloit sur ce degré unique, on peut voir dans la Table des Latitudes croissantes que 50½ degrez de l'Equateur sont égaux à 45 degrez du Méridien de la Carte, ou à l'intervalle compris entre 45 deg. & 22 deg. 30 min. pris sur l'échelle des Logarithmes-Tangentes avant sa transformation. Nous faisons abstraction du défaut de rondeur de la Terre, lorsque nous disons que 45 degrez sur le Méridien de la Carte réduite sont égaux à 50½ deg. de longitude : car dans la rigueur ils ne doivent être égaux qu'à 50 deg. 3 min. comme on le verra dans le Chapitre suivant.

III.

Résolution des Problêmes de Navigation par la Table des Latitudes croissantes.

247. S'il s'agit de résoudre un premier Problême, on cherchera la différence en latitude comme dans le Chapitre

pitre second, par les Sinus ou par les Logarithmes. A l'égard des autres Problêmes, on fera toujours en sorte d'avoir le rumb de vent & les latitudes du départ & de l'arrivée; & on aura ensuite recours aux latitudes croissantes pour trouver la différence en longitude. On verra dans la Table les parties croissantes qui répondent aux deux latitudes; on soustraira les unes des autres, si les deux latitudes sont de même dénomination; mais on les ajoutera ensemble, si le point du départ & le point d'arrivée sont de différens côtés de l'Equateur. On aura de cette sorte la différence en longitude exprimée en minutes pour la route du N E, qui conduiroit d'une latitude à l'autre. Supposé qu'on n'eût pas de Table des latitudes croissantes, on chercheroit cette même différence en longitude par la méthode du N°. 235. Enfin il ne restera plus que cette proportion à faire: Le Sinus total ou la Tangente de 45^{d}. est aux parties croissantes de différence en latitude, ou à la différence en longitude pour le N E, comme la Tangente du rumb de vent sur lequel on a réellement couru, est à la différence en longitude requise.

Exemple du premier Problême.

248. On est parti des environs de la Martinique, par 14 deg. 40 min. de latitude N, & 318 deg. de long. & on a couru 1000 lieues au N E $\frac{1}{4}$ E. On demande la latitude & longitude d'arrivée. Je trouve d'abord la différence en latitude par les méthodes ordinaires. Il me vient 555.6 lieues Nord, qui valent 27 deg. 47 min. Ainsi la latitude d'arrivée est de 42 deg. 27 min. Nord. Je cherche ensuite dans la Table des latitudes croissantes les parties qui répondent à la latitude du départ, & à celle de l'arrivée. Je trouve 890 & 2818 dont la différence est de 1928; & ce nombre marqueroit donc la différence en longitude, si on avoit couru au N E. La différence en longitude actuelle sera plus grande, parce qu'on a couru

au N E $\frac{1}{4}$ E : on la trouvera par cette analogie qu'on pourra faire par les Logarithmes ; la Tangente de 45 deg. est à 1928 min. différence en longitude qui conviendroit au N E, comme la Tangente de 56 deg. 15 min. sera à 2886 minutes pour la différence en longitude requise. C'est-à-dire qu'elle est de 48 deg. 6 min. & on sera donc par 6 deg. 6 min. de longitude. On verra après cela, si l'on consulte la Carte, qu'on est arrivé très-proche du Cap de Finisterre.

249. Lorsqu'on résoud le même Problême en se servant du moyen parallele, il vient 946.6 lieues majeures, valeur de 47 deg. 20 min. de différence en longitude ; de sorte qu'on tombe dans une erreur d'environ 46 min. en défaut sur la longitude.

Exemple du quatriéme Problême.

250. On demande combien il y a de chemin, en suivant toujours le même rumb de vent, depuis l'Isle-de-Fer jusqu'aux Antipodes de cette Isle. L'Isle-de-Fer est par 27 deg. 48 min. de latitude Nord, & nous la supposons par o ^{d}. de longitude. On veut donc déterminer le chemin qu'il faut faire pour se rendre par 27 deg. 48 min. de latitude Sud, & 180 degrez de longitude.

251. Les parties croissantes qui répondent à 27 deg. 48 min. sont 1738, & c'est le même nombre pour l'autre latitude ; nous les ajoutons, parce que les latitudes sont de différentes dénominations, & nous avons 3476 parties croissantes de différence en latitude, ou 3476 minutes de différence en longitude pour le S E, ou pour la route dont l'obliquité seroit de 45 deg. au lieu que notre différence en longitude actuelle est de 180 degrez, ou de 10800 minutes. Il nous faut donc faire la proportion suivante pour trouver l'angle du rumb de vent ; les 3476 min. de différence en longitude pour le S E, sont à 100000 Tangente de 45 deg. comme 10800 minutes de diffé-

rence en longitude actuelle sont à la Tangente du rumb de vent qu'on trouve d'un peu plus de 72 deg. 9½ min. C'est-à-dire qu'en partant de l'Isle-de-Fer, il n'y a qu'à suivre l'E S E 4 deg. 39½ min. E, ou l'O S O 4 d. 39½ m. O, & on se rendra au point de la Terre, qui est diamétralement opposé à cette Isle. Les deux routes y conduisent également, parce que la différence en longitude est la même par un côté que par l'autre.

252. La différence en latitude est donnée; elle est de 55 deg. 36 min. valeur de 1112 lieues Sud. Le complément du rumb de vent est de 17 deg. 50½ min. & si on cherche les lieues de distance, on les trouvera de presque 3629 ½. Le chemin seroit un peu plus court, si au lieu de se conduire sur une loxodromie ou rumb de vent, on alloit comme en ligne droite, en suivant toujours exactement la même direction. On décriroit le demi cercle; & le chemin seroit de 3600 lieues, moitié de la circonférence de la Terre: mais on voit combien la différence est peu considérable, malgré l'extrême longueur de la route.

Exemple du cinquiéme Problême.

253. On est parti de 60 deg. 45 min. de latitude Nord, & de 15 deg. de longitude. On a couru au N E ¼ N, & on est arrivé par 19 deg. 30 min. de longitude. On demande les lieues de distance & la latitude d'arrivée. La différence en longitude est de 4 deg. 30 minutes, ou de 270 min. & l'angle du rumb de vent est de 33 d. 45 m. Nous trouverons les parties croissantes de différence en latitude, en faisant cette analogie: La Tangente du rumb de vent est au 270 min. de différence en longitude actuelle, comme le Sinus total ou la Tangente de 45 deg. est aux parties croissantes de différence en latitude. Il vient 404, qu'il faut ajouter aux parties croissantes de la latitude du départ, parce qu'ayant couru au Nord, on a

dû augmenter en latitude. Les parties croiſſantes qui répondent à 60 deg. 45 min. ſont 4619, & ſi on y ajoute 404, il viendra 5023 qui répondent dans la Table à 63 d. 53 m. C'eſt la latitude d'arrivée, qui eſt conforme à ce que nous avons trouvé en réſolvant le même Problême dans le cinquiéme article du ſecond Chapitre de cette Section.

254. La différence en latitude étant trouvée, il ſera facile de trouver les lieues de diſtance : on fera pour cela une des analogies ordinaires.

255. Il ne nous reſte plus qu'à ajouter que les latitudes croiſſantes ne ſont d'aucun uſage pour la ſolution de tous les Problêmes précédens, lorſque la route a été faite préciſément à l'Eſt ou à l'Oueſt. Il faut alors ſe ſervir ſimplement des Tables des Sinus, & réduire les lieues mineures en lieues majeures ſur le parallele de la latitude du départ. Il vaudroit même mieux ſe ſervir du moyen parallele, ſi la différence en latitude étoit extrêmement petite, & que la quantité dont on a avancé vers l'Eſt ou vers l'Oueſt, fût tout-à-fait grande. Dans ce cas les méthodes ordinaires ſeroient exactes, comme nous avons déja eu occaſion d'en avertir.



256. TABLE des Latitudes croissantes ou des longueurs qu'on doit donner aux divisions du Méridien dans les Cartes réduites.

M	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
0	0	60	120	180	240	300	360	421	482	542	603	664	725	787	848
10	10	70	130	190	250	310	370	431	492	552	613	674	735	797	859
20	20	80	140	200	260	320	380	441	502	562	623	684	746	807	869
30	30	90	150	210	270	330	390	451	512	573	634	695	756	818	879
40	40	100	160	220	280	340	400	461	522	583	644	705	766	828	890
50	50	110	170	230	290	350	410	471	532	593	654	715	776	838	900
M	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°
0	910	973	1035	1098	1161	1225	1289	1354	1419	1484	1550	1616	1684	1751	1819
10	921	983	1046	1109	1172	1236	1300	1364	1429	1495	1561	1628	1695	1762	1831
20	931	993	1056	1119	1183	1246	1311	1375	1440	1506	1572	1639	1706	1774	1842
30	941	1004	1067	1130	1193	1257	1321	1386	1451	1517	1583	1650	1717	1785	1854
40	952	1014	1077	1140	1204	1268	1332	1397	1462	1528	1594	1661	1729	1797	1865
50	962	1025	1088	1151	1214	1278	1343	1408	1473	1539	1605	1672	1740	1808	1877
M	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°
0	1888	1958	2028	2099	2171	2244	2318	2393	2468	2545	2623	2702	2782	2863	2546
10	1900	1970	2040	2111	2184	2256	2330	2495	2481	2558	2636	2715	2795	2877	2960
20	1911	1981	2052	2123	2196	2269	2343	2418	2494	2571	2649	2728	2809	2890	2974
30	1923	1993	2064	2135	2208	2281	2355	2430	2506	2584	2662	2741	2822	2904	2988
40	1935	2005	2076	2147	2220	2293	2368	2443	2519	2597	2675	2755	2836	2918	3002
50	1946	2017	2088	2159	2232	2306	2380	2456	2532	2610	2688	2768	2849	2932	3016
M	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°
0	3030	3116	3203	3291	3382	3474	3569	3655	3764	3865	3967	4074	4183	4294	4409
10	3044	3130	3217	3306	3397	3490	3585	3681	3780	3882	3985	4092	4201	4313	4429
20	3058	3144	3232	3321	3412	3506	3601	3698	3797	3899	4003	4110	4219	4332	4448
30	3072	3159	3247	3337	3428	3521	3617	3714	3814	3916	4021	4128	4238	4351	4468
40	3087	3173	3262	3352	3443	3537	3633	3731	3831	3933	4038	4146	4257	4370	4488
50	3101	3188	3275	3367	3459	3553	3649	3747	3848	3951	4056	4164	4275	4389	4507
M	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°
0	4527	4649	4775	4905	5039	5179	5323	5474	5631	5794	5966	6146	6335	6534	6746
10	4547	4670	4796	4927	5062	5202	5348	5500	5658	5822	5995	6176	6367	6569	6782
20	4568	4691	4818	4949	5085	5226	5373	5525	5685	5851	6025	6208	6400	6603	6819
30	4588	4712	4839	4972	5108	5250	5398	5552	5712	5879	6055	6240	6433	6638	6856
40	4608	4733	4861	4994	5132	5275	5423	5578	5739	5908	6085	6271	6467	6674	6894
50	4629	4755	4883	5017	5155	5299	5448	5604	5767	5937	6115	6303	6500	6710	6932
M	75°	76°	77°	78°	79°	80°	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°
0	6970	7210	7467	7745	8046	8375	8739	9141	9606	10137	10765	11533	12522	13917	16300
10	7009	7251	7512	7793	8099	8433	8804	9218	9689	10234	10881	11679	12719	14216	16926
20	7048	7294	7557	7842	8152	8494	8869	9292	9774	10334	11002	11832	12927	14543	17694
30	7088	7336	7603	7892	8207	8552	8936	9368	9861	10437	11127	11992	13149	14906	18682
40	7138	7379	7650	7942	8262	8614	9005	9446	9951	10542	11257	12160	13387	15311	20075
50	7169	7423	7697	7994	8318	8676	9074	9525	10043	10652	11392	12334	13641	15770	22458

CHAPITRE V.

Du Changement que doit apporter dans toutes les Régles ou Méthodes précédentes le défaut de rondeur de la Terre.

257. NOus avons toujours ſuppoſé juſques ici que la Terre étoit exactement ronde ; mais toutes les régles précédentes doivent recevoir quelques légéres modifications, lorſqu'on a égard au défaut de ſphéricité de la Terre. Nous avons conſidéré tous les degrez de latitude comme exactement égaux, nous les avons faits de 20 lieues marines, & nous avons confondu les tiers de lieue, ou les milles, avec les minutes de degré de grand cercle. Il eſt néanmoins évident qu'il faut diſtinguer entre les tiers de lieue & les minutes, ſi les degrez du Méridien ſont inégaux. Il ſeroit inutile de changer la grandeur de la lieue ſelon les différentes latitudes; la différence entre la longueur des degrez ſeroit dans le fond toujours la même : d'ailleurs la variété des lieues ne pourroit que cauſer des équivoques. Cela ſuppoſé on ne peut dans la rigueur évaluer les degrez de latitude ſur le pied de 20 lieues; & les méthodes de trouver la différence en longitude par la réduction de la route, ſont auſſi toutes ſujettes à quelque léger défaut.

258. Les Méridiens terreſtres, au lieu d'être exactement des cercles, ſont des eſpéces d'ovales dont le diamétre, qui eſt dans le ſens de l'Equateur, eſt plus grand
Fig. 79. que l'axe. La *Figure* 79 nous repréſente un de ces Méridiens; mais dans lequel nous avons exagéré le défaut de rondeur, afin de le rendre ſenſible. *N* & *S* ſont les deux Poles, & *NS* eſt l'Axe, autour duquel il faut ſuppoſer

que la ligne courbe fait une révolution pour former le solide de la Terre. *E Q* eſt le diamétre de l'Equateur, & il eſt plus long que l'Axe d'environ une 178me partie. Le Méridien n'étant pas un cercle, il a comme différens centres, & ſes rayons ſont auſſi plus ou moins grands, ſelon que ſa courbure en chaque endroit eſt plus ou moins ſubite. En *E* où la courbure eſt la plus grande, la partie du Méridien, qui eſt aux environs de ce point, a ſon centre en *D* : c'eſt vers ce centre que tendent les fils à plomb, lorſqu'on eſt aux environs de l'Equateur. On peut juger de la longueur du rayon *E D* par la longueur du premier degré de latitude, & on connoît cette derniére longueur par les obſervations faites au Pérou *. Si l'on s'éloigne de l'Equateur, ſi l'on parvient en *B*, le centre de la courbure qu'a le Méridien en cet endroit, ſera en *F*; le rayon ſera alors *B F*; les degrez du Méridien ſeront égaux à ceux d'une portion de cercle dont le rayon ſeroit de même longueur. Qu'on avance juſqu'au Pole en *N*, le centre ſera en *G*, & les degrez du Méridien doivent s'y trouver plus grands que partout ailleurs.

Fig. 79.

* Voyez les N°. 28. & ſuiv. du II. Livre.

259. Heureuſement que toutes ces différences ne ſont pas fort grandes ; mais il falloit s'en aſſurer, & c'eſt ce qui rendoit néceſſaires les opérations ordonnées par le Roi, qui, en faiſant travailler à l'éclairciſſement d'une queſtion de fait dont dépend preſque toute la Phyſique, a voulu que ſon amour pour les Sciences fût utile à toutes les Nations qui fréquentent la Mer. L'inégalité entre les degrez, quoique réelle, eſt très-petite, & on peut en ſauver une partie, en réglant la lieue marine, comme nous l'avons fait, ſur la grandeur moyenne des degrez, ou au moins ſur celle qu'ils ont dans les parties de la Terre qu'on peut parcourir : il eſt évident qu'on réduit de cette ſorte à la moitié l'inégalité qu'on néglige. Les Lecteurs en jugeront mieux, lorſqu'en jettant les yeux ſur la Table que nous donnerons de la diverſe grandeur des degrez, ils verront les changemens qu'il faudroit introduire

en conséquence dans les pratiques des Pilotes.

260. Je connois deux Auteurs qui se sont proposé de mettre de ces sortes de Tables entre les mains des Navigateurs. Le premier est M. Murdoch, qui, sans attendre que les opérations entreprises au Pérou fussent achevées, attribua à la Terre un applatissement vers les Poles, qui est certainement beaucoup plus grand que le réel. D'ailleurs il ne conforma point la grandeur de la lieue marine sur celle du degré moyen; ce qui ne contribua pas peu à faire paroître plus grandes les corrections qu'il vouloit qu'on employât. L'autre Auteur, dans un Ouvrage plein de sçavoir, a rendu la différence entre les diamétres beaucoup plus petite; il ne l'a faite que d'une 266ᵉ partie: mais j'ai tout lieu de croire qu'il l'a trop diminuée, & ce qui en a été principalement cause, c'est qu'il a fait le premier degré du Méridien un peu trop grand. Il a de cette sorte fait disparoître une partie de l'inégalité entre les degrez; & le Méridien a dû prendre ensuite une figure plus approchante de la circulaire.

261. J'ai montré dans le Livre de la figure de la Terre, comment, en observant d'une maniére particuliére, on a pû commettre quelques légéres erreurs qui ont dû faire trouver le degré trop grand. L'événement a justifié ce que je prévoyois même au Pérou; la différence s'est trouvée dans le sens qu'il falloit, & confirme ma détermination dans laquelle j'ai eu toutes les attentions nécessaires, comme je crois l'avoir mis hors de doute. Lorsque nous partîmes d'Europe en 1735, toute la partie de l'Astronomie-pratique dont dépendoit le succès de notre voyage, n'avoit pas été assez approfondie. Il y a donc un grand choix à faire en cette matiére; mais pourvû qu'on le fasse en pesant attentivement toutes les circonstances, on verra non-seulement que la Terre a une forme applatie, ce que personne ne conteste maintenant, mais que la quantité de l'applatissement ne peut pas être éloignée de celle que j'ai tâché d'établir.

262.

262. *TABLE de la grandeur des degrez du Méridien, de celle des Arcs de Latitude, & des Corrections qu'il faut appliquer aux Latitudes croissantes des Cartes réduites.*

Latitudes.	Grandeur des degrez.	Arcs de Latitude.	Corr. souftr. des Latit. croiss.	Latitudes.	Grandeur des degrez.	Arcs de Latitude.	Corr. souftr. des Latit. croiss.	Latitudes.	Grandeur des degrez.	Arcs de Latitude.	Corr. souftr. des Latit. croiss.
Degrez	Toises.	Milles.	Min.	Degrez	Toises.	Milles.	Min.	Degrez	Toises.	Milles.	Min.
0	56748	00.0									
1		59.8		31		1852.2		61		3653.2	
2		119.5		32		1912.0		62		3713.6	
3		179.3		33		1971.8		63		3773.9	
4		239.0		34		2031.6		64		3834.3	
5	56748	298.7	3	35	56851	2091.5	20	65	57395	3894.7	39
6		358.4		36		2151.3		66		3955.1	
7		418.2		37		2211.1		67		4015.5	
8		477.9		38		2270.9		68		4076.0	
9		537.7		39		2330.8		69		4136.5	
10	56749	597.3	6	40	56912	2390.9	24	70	57496	4197.0	41
11		657.1		41		2450.8		71		4257.5	
12		716.8		42		2510.7		72		4328.2	
13		776.6		43		2570.6		73		4388.7	
14		836.3		44		2630.6		74		4449.2	
15	56752	896.0	8	45	56988	2690.7	27	75	57583	4499.9	43
16		955.8		46		2750.7		76		4560.5	
17		1015.6		47		2810.7		77		4621.1	
18		1075.3		48		2870.7		78		4651.8	
19		1135.1		49		2930.8		79		4742.4	
20	56761	1194.8	11	50	57078	2991.0	30	80	57650	4803.1	44
21		1254.5		51		3051.1		81		4863.8	
22		1314.3		52		3111.3		82		4924.5	
23		1374.1		53		3171.4		83		4985.2	
24		1433.8		54		3231.6		84		5045.9	
25	56779	1493.6	14	55	57180	3291.7	34	85	57692	5106.7	45
26		1553.4		56		3351.9		86		5167.4	
27		1613.2		57		3412.2		87		5228.1	
28		1673.0		58		3472.4		88		5288.8	
29		1732.6		59		3532.7		89		5349.6	
30	56808	1792.4	17	60	57287	3592.9	37	90	57707	5410.3	

263. J'ai marqué dans cette Table la grandeur des degrez du Méridien, exprimée en toiſes. On ne les a encore meſurés qu'en trois endroits de la Terre ; mais ces trois meſures nous mettent en état de juger de la progreſſion qu'ils ſuivent. Je me ſuis contenté de les marquer de 5 degrez en 5 degrez. La même Table indique la longueur des arcs du Méridien, qui commencent à l'Equateur : Ce ſont les arcs *E B* dans la *Fig.* 79. On trouve, par exemple, 2991 milles ou tiers de lieue vis-à-vis de 50 degrez ; c'eſt-à-dire que les 50 degrez qui auroient 1000 lieues, ou 3000 milles de longueur, ſi la Terre étoit parfaitement ſphérique, n'ont réellement que 2991 milles, qui ſont toujours chacun de 950 toiſes. On voit aſſez que les nombres de cette colomne ſont les ſommes de ceux de la premiere, mais qu'on a convertis de toiſes en milles.

264. Enfin les dernieres colomnes marquent les corrections qu'il faut faire aux latitudes croiſſantes à cauſe de la figure non-ſphérique de la Terre. Toutes ces corrections ſont ſouſtractives, parce que toutes les pratiques précédentes pour la réduction des lieues de longitude, péchent en excès. Il eſt facile d'en voir la raiſon en jettant les yeux ſur la *Figure* 79. Suppoſé qu'on navigue aux environs du point *B*, le rayon de l'arc de cercle qui imite la courbe du Méridien en cet endroit, eſt *B F*, & lorſqu'on compare le Sinus total aux lieues majeures, & les lieues mineures au Sinus complément de la latitude, on fait la réduction comme ſi le parallele à l'Equateur n'avoit que *B K* pour rayon. Mais le rayon du parallele eſt réellement plus grand ; le centre de ce parallele eſt en *I*. Ainſi ce cercle a ſes degrez plus grands qu'on ne les ſuppoſe ; & puiſqu'on les fait trop petits, il eſt clair que dans l'évaluation des lieues en deg. on ſe trompe en excès ; on ſe trompe dans le même rapport que *B I* eſt plus grand que *B K*. C'eſt en examinant cette différence que j'ai dreſſé la petite Table du N°. 124 ; & c'eſt ſur le même principe que j'ai calculé les corrections qu'il faut appli-

quer aux latitudes croiſſantes ou aux changemens en longitude pour le N E. J'ai déja expliqué ceci dans le Livre de la Figure de la Terre, & je vais l'éclaircir ici davantage par rapport à la pratique.

265. *Exemple du premier Problême.* On eſt parti de 14^{d}. 40 min. de latitude Nord, & de 318 deg. de longitude, & on a couru 1000 lieues au N E $\frac{1}{4}$ E : On demande le point d'arrivée. Nous trouvons par la réſolution du triangle loxodromique 1666.7 milles au Nord. Il n'y a point d'erreur dans cette détermination; on a avancé réellement de cette quantité vers le Nord : mais l'inégalité entre les degrez du Méridien eſt cauſe que ces 1666.7 milles ne valent pas préciſément 1666.7 minutes, ou 27^{d}. 47^{m}. Ainſi il y a un petit circuit à prendre pour trouver la latitude d'arrivée. Je trouve, en prenant des parties proportionnelles dans la Table du N°. 262, que les 14 degrez 40 min. de la latitude du départ valent 876.1 milles ou tiers de lieue : j'y ajoute les 1666.7 milles avancés au Nord, & il me vient 2542.8 milles pour la diſtance du point d'arrivée à l'Equateur, laquelle répond dans la Table à 42 deg. 32 min. & c'eſt la latitude d'arrivée; au lieu de 42 deg. 27 min. que nous trouvions en ſuppoſant la Terre exactement ſphérique.

266. Il nous reſte après cela à trouver la différence en longitude. La Table des latitudes croiſſantes nous donne 1935 minutes pour la quantité dont on auroit changé en longitude ſi on avoit couru au N E : car on trouve dans cette Table 890 vis-à-vis de 14 deg. 40 min. & 2825 vis-à-vis de 42 deg. 32 min. mais cette Table a beſoin d'une petite correction. Nous devons ôter 8 min. des 890 parties, & 25 ou 26 min. des 2825, c'eſt ce qu'on trouve dans la derniere colomne de la Table du N°. 262 vis-à-vis de 14$\frac{2}{3}$ deg. & vis-à-vis de 42$\frac{1}{2}$ deg. On aura donc 1917$\frac{1}{2}$ parties croiſſantes de différence en latitude, & il n'y aura plus qu'à faire cette analogie : 100000 eſt aux 1917$\frac{1}{2}$ parties, ou à la différence en lon-

gitude pour le NE, comme la Tangente 149661 de l'angle du rumb de vent est à 2870 minutes pour la différence en longitude actuelle. La différence en longitude est donc de 47 deg. 50 min. & on est arrivé par 5 deg. 50 min. ce qui nous apprend que la détermination de la longitude par la méthode ancienne péche, eu égard à tout, de 16 min. en excès.

267. Le Lecteur est déja averti que les latitudes croissantes ne sont pas d'usage, lorsqu'on court exactement à l'Est ou à l'Ouest. Il faudroit dans ce cas faire également deux petites opérations à cause du défaut de rondeur de la Terre. On examineroit d'abord combien on auroit de lieues, si on avoit assujetti les divisions du Loch à la grandeur qu'a le degré du Méridien dans le parage où on navigue. Si l'on est, par exemple, par 30 deg. de latitude, & qu'on ait fait 300 lieues à l'Est, je considére que ces lieues sont toujours de 2850 toises, & qu'elles supposent que le degré est exactement de 57000 toises. Dans l'endroit où l'on est, le degré est moins grand ; il n'est que de 56808 toises ; si on le prenoit donc pour régle, la lieue se trouveroit plus petite ; & quoique nous ne fissions que le même chemin, nous compterions un plus grand nombre de lieues. Nous n'avons, pour trouver ce nombre, qu'à faire cette proportion : 56808 est à 57000, comme 300 lieues ou 900 milles sont à 301 lieues, ou 903 milles. On trouvera la même chose en employant deux premiers termes beaucoup plus petits. Le trentiéme degré de latitude n'est que de 59. 8 milles, ce qu'on connoît en prenant dans la Table du N°. 262 la différence de deux arcs de latitude, consécutifs aux environs de 30 degrez. On fera ensuite cette analogie : 59. 8 milles sont à 60, comme 900 milles sont à 903, valeur qu'auroit le chemin qu'on a couru, supposé que la longueur de la lieue eût été réglée sur celle du degré du Méridien dans le point où l'on se trouve.

268. Ces 903 milles tiendroient exactement lieu de

milles mineurs, ſi la route avoit été faite préciſément à l'Eſt ou à l'Oueſt. On trouveroit 1043 milles majeurs, ou 17 deg. 23 min. par les méthodes ordinaires. Mais la figure de la Terre nous oblige d'y faire un petit changement : car lorſque nous trouvons 1043 milles majeurs, nous ſuppoſons que *B K* (*Fig.* 79.) eſt le rayon du parallele à l'Equateur; au lieu que c'eſt *B I.* Nous ſuppoſons donc dans la réduction ordinaire, comme on l'a deja vû, les degrez du parallele trop petits, & c'eſt la même choſe des degrez de l'Equateur. La petite Table du N°. 124. nous ſervira dans cette rencontre; elle nous apprendra qu'il faut retrancher une 109me partie de la différence en longitude : c'eſt que *K I* eſt la 109me partie de *BI.* Enfin il nous viendra 1034 milles ou minutes, ou 17 deg. 14 min. pour notre différence en longitude, qui ſera moindre de 5 min. que celle qu'on trouve en conſidérant la Terre comme ſphérique.

269. Si la différence en latitude étoit donnée, comme dans le ſecond Problême général de Navigation, de même que le rumb de vent, la Table des Latitudes croiſſantes fourniroit toujours immédiatement la différence en longitude pour le N E; pourvû qu'on y fît la petite correction ſouſtractive indiquée dans notre derniere Table; & on déduiroit enſuite la différence actuelle en longitude. D'un autre côté, lorſqu'on voudroit découvrir les lieues ou milles de diſtance, il faudroit chercher d'abord la valeur en milles de l'arc de différence en latitude. Cette valeur ne ſeroit pas la même que la différence en latitude en minutes; & ce ſeroit entre la valeur en milles & le chemin, qu'on mettroit le rapport du Sinus complément du rumb de vent au Sinus total.

270. Nous ne croyons pas qu'il ſoit néceſſaire d'inſiſter davantage ſur ces différentes choſes qu'on doit toujours négliger ſans doute dans la pratique. Mais avant que de terminer ce Traité, nous donnerons pour un certain nombre de degrez les longueurs corrigées que doivent avoir les

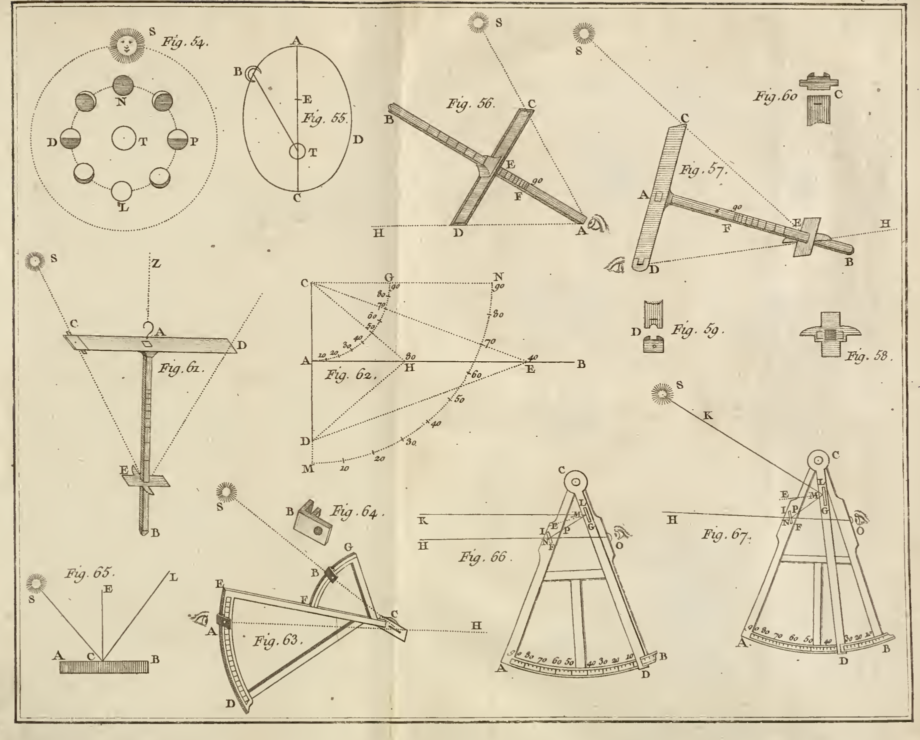
parties du Méridien dans les Cartes réduites. Nous avons eu occasion de remarquer qu'entre les personnes qui travaillent à la composition des Cartes marines, plusieurs se contentent d'imiter la graduation de quelques anciennes Cartes qui sont quelquefois très-mal construites. C'est ce qui nous fait croire que la petite Table ci-jointe sera de quelque utilité. On y voit que les 10 premiers degrez du Méridien doivent être égaux à 9 deg. 57 min. pris sur l'Equateur; que les 15 premiers degrez doivent être égaux à 15 deg. 2 min. de l'Equateur; & ainsi de suite. On sent assez que lorsque la Carte réduite ne commencera pas à l'Equateur, la petite Table sera également propre à marquer l'étendue des divisions du Méridien. Si la Carte commence, par exemple, à 50 deg. de latitude, & finit à 65, il faudra rendre la portion du Méridien égale à 28 deg. 16 min. de longitude, différence de 57 deg. 24 min. & de 85 deg. 40 min.

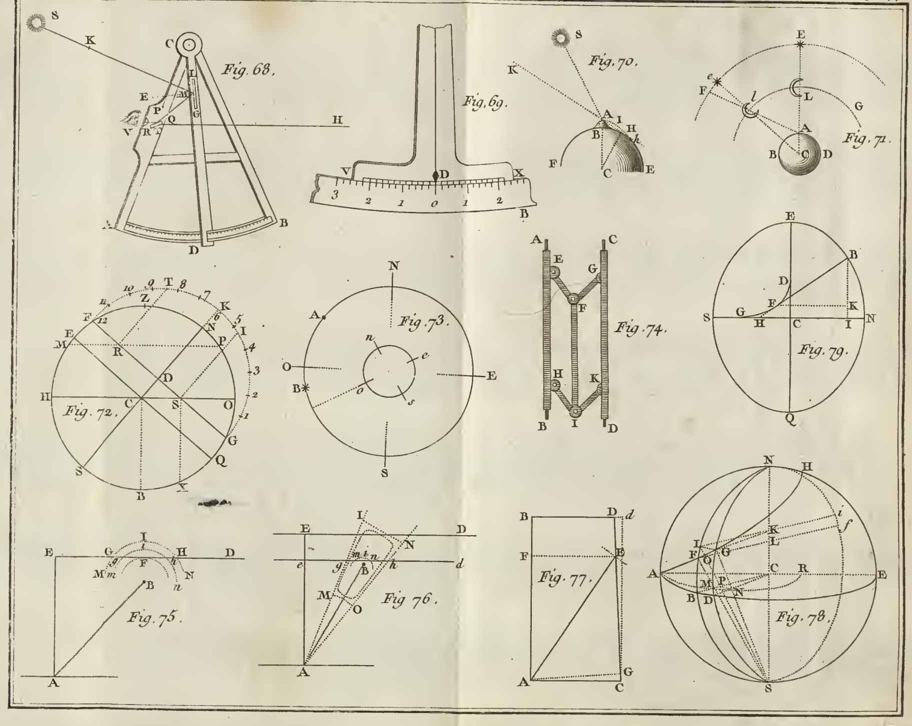
TABLE des Longueurs qu'il faut donner aux parties du Méridien des Cartes réduites, en degrez de l'Equateur.

Parties du Méridien	Longueurs en degrez de l'Equateur.	
Degrez.	Deg.	Min.
5	4.	57
10	9.	57
15	15.	2
20	20.	14
25	25.	36
30	31.	11
35	37.	4
40	43.	19
45	50.	3
50	57.	24
55	65.	33
60	74.	50
65	85.	40
70	98.	45
75	115.	27
80	138.	51
85	178.	40

Fin du cinquiéme & dernier Livre.

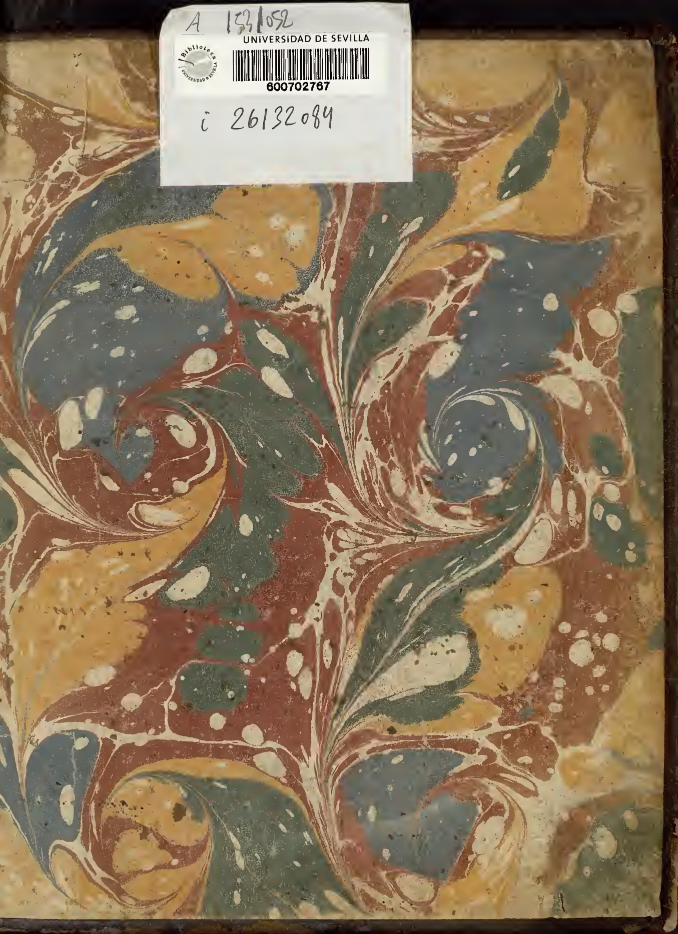



Fig. 54.
Fig. 55.
Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.
Fig. 59.
Fig. 60
Fig. 61.
Fig. 62.
Fig. 63.
Fig. 64.
Fig. 65.
Fig. 66.
Fig. 67.


Fig. 68.
Fig. 69.
Fig. 70.
Fig. 71.
Fig. 72.
Fig. 73.
Fig. 74.
Fig. 79.
Fig. 75.
Fig. 76.
Fig. 77.
Fig. 78.


CARTE
qui indique avec la direction des Vents généraux les Variations qu'avoit la Boussole en 1700 et 1744 dans presque tous les lieux de la Mer.
VARIATN. N O.
VARIATN. N E.
Variat. N E.
Variations N E.
Variations N E.
Ligne sur laquelle il n'y avoit pas de Variation en 1744.
Ligne sur laquelle il n'y avoit pas de Variation en 1744.
Ligne sur laquelle il n'y avoit pas de Variation en 1744.
Ligne ou il n'y avoit pas de declinaison en 1700.
AMERIQUE SEPTENTRIONALE
Nouvle. France
Nlle. Angleterre
Californie
Mexique
MER PACIFIQUE
OCEAN OCCIDENTAL
S. Domingue
Martinique
Irlande
Angleterre
MOSCOVIE
Pologne
Allemagne
France
Espagne
Mer Mediterranée
Mer Noire
Mer Caspienne
TURQUIE
Barbarie
Egypte
Arabie
PERSE
ASIE
TARTARIE
CHINE
MOGOL
Isles du Japon
Philipines
Isles Mariannes
Tropique du Cancer
Abissinie
AFRIQUE
Guinée
MER DES INDES
Ligne Equinoctiale
Equateur ou
Perou
AMERIQUE MERIDIONALE
Bresil
Tropique du Capricorne
Chili
MER DU SUD
OCEAN MERIDIONAL
Pays des Cafres
Cap de B. Esperance
I. de France
I. Bourbon
OCEAN ORIENTAL
Borneo
Moluques
I. de Java
Nouve. Hollande
C. de Hornes
Echelles des Logarithmes
Nomb.
Sinus
Tang.




A 153/052
UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Biblioteca UNIVERSIDAD DE SEVILLA
600702767
i 26132084

